

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE  
INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO CENTRO DE CAPACITACIÓN Y ACOPIO DE LA EMPRESA  
RÍO LEMPA, EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE  
PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA  
FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR**

EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CHIQUMULA, GUATEMALA, OCTUBRE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE  
INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO CENTRO DE CAPACITACIÓN Y ACOPIO DE LA EMPRESA  
RÍO LEMPA, EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE  
PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA FRONTERA,  
SANTA ANA, EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

Al conferírsele el título de

INGENIERA CIVIL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, OCTUBRE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE  
INGENIERÍA CIVIL**



**RECTOR**  
**M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS**

**CONSEJO DIRECTIVO**

|                               |                                          |
|-------------------------------|------------------------------------------|
| Presidente:                   | Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón     |
| Representante de Profesores:  | M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso         |
| Representante de Profesores:  | M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén  |
| Representante de Estudiantes: | A.T. Estefany Rosibel Cerna Aceituno     |
| Representante de Estudiantes: | PEM. Elder Alberto Masters Cerritos      |
| Secretaria:                   | Licda. Marjorie Azucena González Cardona |

**AUTORIDADES ACADÉMICAS**

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| Coordinador Académico:  | M.A. Edwin Rolando Rivera Roque     |
| Coordinador de Carrera: | M.Sc. Rolando Darío Chávez Valverth |

**ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

|             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| Presidente: | M.Sc. Rolando Darío Chávez Valverth  |
| Secretario: | MBA. René Estuardo Alvarado González |
| Vocal:      | Ing. Elder Avildo Rivera López       |

**TERNA EVALUADORA**

MBA. Carlos Enrique Aguilar Rosales  
Ing. Jorge Mauricio López Vanegas  
Ing. Sergio Antonio Ramos Urrutia



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-  
CARRERAS DE INGENIERÍA



JMLV.01.19

Chiquimula, 22 de agosto de 2019.

Ingeniero Civil

Elder Avildo Rivera López

Coordinador de EPS de la Carrera de Ingeniería Civil

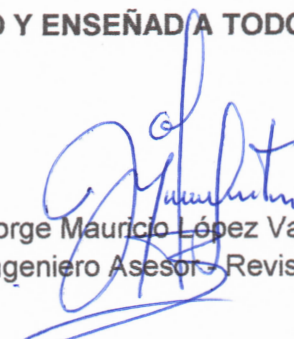
CUNORI – USAC

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO CENTRO DE CAPACITACIÓN Y ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA, EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR”**, presentado por la estudiante Emmy Fernanda Pineda Roca.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

**“ID Y ENSEÑAR A TODOS”**



Ing. Jorge Mauricio López Vanegas  
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE –CUNORI-  
CARRERAS DE INGENIERÍA



**CEPSIC.03.2020**

Chiquimula, 9 de marzo de 2020.

Ingeniero Mecánico Electricista  
Rolando Darío Chávez Valverth  
Coordinador Carreras de Ingeniería  
CUNORI - USAC

Respetable Ing. Chávez:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO CENTRO DE CAPACITACIÓN Y ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA, EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR”**, elaborado por la estudiante **Emmy Fernanda Pineda Roca**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Civil Jorge Mauricio López Vanegas.

Considero que el trabajo desarrollado por la estudiante Emmy Fernanda Pineda Roca, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Elder Avildó Rivera López  
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)  
Carrera de Ingeniería Civil

C.c. archivo



ALTG.8.20

Chiquimula, 28 de mayo de 2020.

Ingeniero Mecánico Electricista  
Rolando Darío Chávez Valverth  
Coordinador Carreras de Ingenierías  
CUNORI-USAC

Respetado Ing. Chávez Valverth:

El propósito de la presente es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO CENTRO DE CAPACITACIÓN Y ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA, EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR”**; elaborado por la estudiante **Emmy Fernanda Pineda Roca**.

El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería Civil, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Lic. Julio Cesar Hernández Ortiz  
Revisor Área Lingüística

C.c. archivo



**TGIC.04-2020**

Chiquimula, 7 de julio de 2020.

Ingeniero Agrónomo

Edwin Filiberto Coy Cordón

Director

CUNORI - USAC

Respetable Ing. Agr. Coy Cordón:

El coordinador de las Carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Oriente CUNORI, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del Asesor -Revisor Ingeniero Civil Jorge Mauricio López Vanegas y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Civil, Ingeniero Elder Avildo Rivera López y luego de la revisión y aprobación del Licenciado Julio Cesar Hernández Ortiz, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación de la estudiante **Emmy Fernanda Pineda Roca**, titulado: **“DISEÑO CENTRO DE CAPACITACIÓN Y ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA, EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR”**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo y recomendando la autorización del mismo.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

Ing. Rolando Darío Chávez Valverth

Coordinador Carreras de Ingeniería

CUNORI - USAC



C.c. archivo

D-TG-IC-085/2020

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó la estudiante **EMMY FERNANDA PINEDA ROCA** titulado “**DISEÑO CENTRO DE CAPACITACIÓN Y ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA, EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA FONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR**”, trabajo que cuenta con el aval del Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería Civil. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERA CIVIL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el diecinueve de agosto de dos mil veinte.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón  
**DIRECTOR**  
**CUNORI – USAC**



c.c. Archivo  
EFCC/ars

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|                                                          |                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dios</b>                                              | Por darme fuerzas, sabiduría y bendiciones.                                                                                     |
| <b>Mis padres</b>                                        | Por darme la mejor herencia que se puede tener y estar en todo momento de mi vida.                                              |
| <b>Mis hermanos</b>                                      | Por ser compañeros de la vida, apoyarme en todo y compartir tantos momentos importantes.                                        |
| <b>Centro Universitario de Oriente</b>                   | En especial a los catedráticos de la carrera de Ingeniería Civil por impartirme conocimientos durante mi formación profesional. |
| <b>Mancomunidad Trinacional<br/>Fronteriza Río Lempa</b> | Por todo el apoyo y experiencias compartidas durante mi Ejercicio Profesional Supervisado.                                      |

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por haberme dado la vida y permitido lograr mis objetivos, además de su infinita misericordia y amor.

### **Mis padres**

Edwin Arturo Pineda Hichos y Rosalinda Roca Sandoval por sus múltiples sacrificios, instrucciones y apoyo incondicional que me brindan a lo largo de la vida.

### **Mis hermanos**

Geraldo Iván Pineda Roca por ser ejemplo y motivación en mi proceso académico y María José Pineda Roca por ser mi mejor amiga, apoyo y motivación.

# ÍNDICE GENERAL

| CONTENIDO                                                           | PÁGINA |
|---------------------------------------------------------------------|--------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES                                             | VII    |
| LISTADO DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS                                  | XVII   |
| GLOSARIO                                                            | XXIII  |
| RESUMEN                                                             | XXVII  |
| INTRODUCCIÓN                                                        | XXIX   |
| OBJETIVOS                                                           | XXXI   |
| <br>                                                                |        |
| 1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR                                             | 1      |
| 1.1. Localización                                                   | 1      |
| 1.2. Vías de acceso                                                 | 2      |
| 1.3. Clima                                                          | 2      |
| 1.4. Población                                                      | 3      |
| 1.5. Aspectos socioeconómicos                                       | 3      |
| 1.6. Servicios públicos                                             | 4      |
| <br>                                                                |        |
| 2. DISEÑO CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA FINCA ESCUELA<br>TRINACIONAL | 5      |
| 2.1. Descripción del proyecto                                       | 5      |
| 2.2. Levantamiento topográfico                                      | 5      |
| 2.2.1. Planimetría                                                  | 6      |
| 2.2.2. Altimetría                                                   | 7      |
| 2.3. Investigación preliminar                                       | 7      |
| 2.3.1. Terreno disponible                                           | 8      |
| 2.3.2. Análisis de suelos                                           | 8      |
| 2.3.2.1. Determinación del valor soporte del suelo                  | 8      |
| 2.4. Diseño arquitectónico                                          | 12     |
| 2.4.1. Ubicación del edificio en el terreno                         | 12     |

|            |                                                                              |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.2.     | Distribución de ambientes                                                    | 13 |
| 2.4.3.     | Altura del edificio                                                          | 13 |
| 2.5.       | Normas de construcción                                                       | 13 |
| 2.5.1.     | Reglamento de emergencia de diseño sísmico<br>de la República de El Salvador | 14 |
| 2.5.2.     | Reglamento para la seguridad estructural de las<br>construcciones            | 14 |
| 2.5.3.     | Instituto Americano de Concreto, ACI (American<br>Concrete Institute)        | 14 |
| 2.5.4.     | Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas,<br>FHA                         | 15 |
| 2.5.5.     | Norma técnica para diseño de cimentaciones<br>y estabilidad de taludes       | 15 |
| 2.6.       | Análisis estructural                                                         | 15 |
| 2.6.1.     | Selección del sistema estructural a usar                                     | 16 |
| 2.6.2.     | Pre-dimensionamiento estructural                                             | 16 |
| 2.6.2.1.   | Pre-dimensionamiento de losas                                                | 17 |
| 2.6.2.2.   | Pre-dimensionamiento de vigas                                                | 18 |
| 2.6.2.3.   | Pre-dimensionamiento de columnas                                             | 19 |
| 2.6.3.     | Modelos matemáticos para marcos rígidos                                      | 22 |
| 2.6.4.     | Cargas de diseño                                                             | 23 |
| 2.6.4.1.   | Cargas verticales                                                            | 24 |
| 2.6.4.1.1. | Carga viva                                                                   | 24 |
| 2.6.4.1.2. | Carga muerta                                                                 | 27 |
| 2.6.4.2.   | Cargas laterales                                                             | 28 |
| 2.6.5.     | Cargas verticales en marcos rígidos                                          | 28 |
| 2.6.5.1.   | Cargas muertas de diseño                                                     | 28 |
| 2.6.5.2.   | Cargas vivas de diseño                                                       | 31 |
| 2.6.5.3.   | Carga última de diseño                                                       | 32 |
| 2.6.6.     | Cargas laterales en marcos rígidos                                           | 35 |
| 2.6.6.1.   | Fuerzas sísmicas                                                             | 35 |

|          |                                                                                                                        |     |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.6.6.2. | Método SEAOC                                                                                                           | 35  |
| 2.6.6.3. | Cálculo de fuerzas por marcos<br>estructurales establecidos para el diseño                                             | 48  |
| 2.6.7.   | Análisis de marcos rígidos por un método de análisis<br>numérico (Kani) y comparación por medio de<br>software (ETABS) | 52  |
| 2.6.8.   | Diagramas de corte y momento                                                                                           | 76  |
| 2.7.     | Diseño estructural                                                                                                     | 82  |
| 2.7.1.   | Diseño de losas                                                                                                        | 82  |
| 2.7.1.1. | Acero mínimo                                                                                                           | 101 |
| 2.7.1.2. | Acero máximo                                                                                                           | 102 |
| 2.7.1.3. | Acero requerido                                                                                                        | 103 |
| 2.7.1.4. | Propuesta de armado                                                                                                    | 104 |
| 2.7.2.   | Diseño de vigas                                                                                                        | 106 |
| 2.7.2.1. | Acero mínimo                                                                                                           | 107 |
| 2.7.2.2. | Acero máximo                                                                                                           | 107 |
| 2.7.2.3. | Acero requerido                                                                                                        | 108 |
| 2.7.2.4. | Propuesta de armado                                                                                                    | 109 |
| 2.7.3.   | Diseño de columnas                                                                                                     | 113 |
| 2.7.3.1. | Acero mínimo                                                                                                           | 122 |
| 2.7.3.2. | Acero máximo                                                                                                           | 123 |
| 2.7.3.3. | Acero requerido                                                                                                        | 123 |
| 2.7.3.4. | Propuesta de armado                                                                                                    | 123 |
| 2.7.4.   | Diseño de zapatas                                                                                                      | 130 |
| 2.7.4.1. | Acero mínimo                                                                                                           | 139 |
| 2.7.4.2. | Acero máximo                                                                                                           | 140 |
| 2.7.4.3. | Acero requerido                                                                                                        | 140 |
| 2.7.4.4. | Propuesta de armado                                                                                                    | 142 |
| 2.7.5.   | Diseño de gradas                                                                                                       | 146 |
| 2.7.5.1. | Acero mínimo                                                                                                           | 150 |
| 2.7.5.2. | Acero máximo                                                                                                           | 150 |

|            |                                                                      |     |
|------------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.7.5.3.   | Acero requerido                                                      | 151 |
| 2.7.5.4.   | Propuesta de armado                                                  | 151 |
| 2.7.6.     | Diseño de muros de relleno                                           | 154 |
| 2.8.       | Instalaciones eléctricas                                             | 163 |
| 2.9.       | Instalaciones sanitarias                                             | 174 |
| 2.10.      | Instalaciones hidráulicas                                            | 182 |
| 2.11.      | Presupuesto                                                          | 186 |
| 2.11.1.    | Costos indirectos                                                    | 188 |
| 2.11.2.    | Integración de costos unitarios                                      | 190 |
| 2.11.3.    | Cronograma de ejecución físico y financiero                          | 232 |
| 2.12.      | Planos                                                               | 235 |
| 2.13.      | Especificaciones técnicas                                            | 236 |
| 2.14.      | Análisis de impacto ambiental                                        | 249 |
| 2.15.      | Análisis socio económico                                             | 251 |
| 3.         | DISEÑO CENTRO DE ACOPIO PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS Y ALIMENTOS | 255 |
| 3.1.       | Descripción del proyecto                                             | 255 |
| 3.2.       | Diseño arquitectónico                                                | 255 |
| 3.2.1.     | Ubicación del edificio en el terreno                                 | 255 |
| 3.2.2.     | Distribución de ambientes                                            | 256 |
| 3.2.3.     | Altura del edificio                                                  | 256 |
| 3.3.       | Análisis estructural                                                 | 256 |
| 3.3.1.     | Pre-dimensionamiento estructural                                     | 257 |
| 3.3.1.1.   | Pre-dimensionamiento de vigas                                        | 257 |
| 3.3.1.2.   | Pre-dimensionamiento de columnas                                     | 258 |
| 3.3.2.     | Modelos matemáticos para marcos rígidos                              | 259 |
| 3.3.3.     | Cargas de diseño                                                     | 260 |
| 3.3.3.1.   | Cargas verticales                                                    | 260 |
| 3.3.3.1.1. | Carga viva                                                           | 260 |
| 3.3.3.1.2. | Carga muerta                                                         | 260 |

|          |                                                                                                                        |     |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3.3.2. | Cargas laterales                                                                                                       | 261 |
| 3.3.4.   | Cargas verticales en marcos rígidos                                                                                    | 261 |
| 3.3.4.1. | Cargas muertas de diseño                                                                                               | 261 |
| 3.3.4.2. | Cargas vivas de diseño                                                                                                 | 262 |
| 3.3.4.3. | Carga última de diseño                                                                                                 | 262 |
| 3.3.5.   | Cargas laterales en marcos rígidos                                                                                     | 264 |
| 3.3.5.1. | Fuerzas sísmicas                                                                                                       | 264 |
| 3.3.5.2. | Método SEAOC                                                                                                           | 264 |
| 3.3.6.   | Cálculo de fuerzas por marcos estructurales<br>establecidos para el diseño                                             | 270 |
| 3.4.     | Análisis de marcos rígidos por un método de análisis<br>numérico (Kani) y comparación por medio de software<br>(ETABS) | 273 |
| 3.5.     | Diagramas de corte y momento                                                                                           | 287 |
| 3.6.     | Diseño estructural                                                                                                     | 290 |
| 3.6.1.   | Diseño de techo                                                                                                        | 291 |
| 3.6.2.   | Diseño de vigas                                                                                                        | 310 |
| 3.6.2.1. | Acero mínimo                                                                                                           | 310 |
| 3.6.2.2. | Acero máximo                                                                                                           | 311 |
| 3.6.2.3. | Acero requerido                                                                                                        | 311 |
| 3.6.2.4. | Propuesta de armado                                                                                                    | 312 |
| 3.6.3.   | Diseño de columnas                                                                                                     | 318 |
| 3.6.3.1. | Acero mínimo                                                                                                           | 326 |
| 3.6.3.2. | Acero máximo                                                                                                           | 327 |
| 3.6.3.3. | Acero requerido                                                                                                        | 327 |
| 3.6.3.4. | Propuesta de armado                                                                                                    | 327 |
| 3.6.4.   | Diseño de zapatas                                                                                                      | 335 |
| 3.6.4.1. | Acero mínimo                                                                                                           | 345 |
| 3.6.4.2. | Acero máximo                                                                                                           | 345 |
| 3.6.4.3. | Acero requerido                                                                                                        | 345 |
| 3.6.4.4. | Propuesta de armado                                                                                                    | 348 |

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 3.6.5. Diseño de muros de relleno                  | 352 |
| 3.7. Instalaciones eléctricas                      | 357 |
| 3.8. Instalaciones sanitarias                      | 365 |
| 3.9. Presupuesto                                   | 370 |
| 3.9.1. Costos indirectos                           | 371 |
| 3.9.2. Integración de precios unitarios            | 373 |
| 3.9.3. Cronograma de ejecución físico y financiero | 396 |
| 3.10. Planos                                       | 397 |
| 3.11. Especificaciones técnicas                    | 398 |
| 3.12. Análisis socio económico                     | 400 |
| CONCLUSIONES                                       | 405 |
| RECOMENDACIONES                                    | 407 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS                         | 409 |
| APÉNDICE                                           | 415 |
| ANEXOS                                             | 417 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

| FIGURA                                                                                | PÁGINA |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Localización del municipio de Candelaria de la Frontera                            | 1      |
| 2. Área tributaria de columna crítica, centro de capacitación                         | 21     |
| 3. Marco rígido sentido X, elevación de marco, centro de capacitación                 | 23     |
| 4. Marco rígido sentido Y elevación de marco, centro de capacitación                  | 23     |
| 5. Áreas tributarias de eje 1 y A-B, centro de capacitación                           | 29     |
| 6. Cargas en marco Y, centro de capacitación                                          | 33     |
| 7. Cargas en marco X, centro de capacitación                                          | 34     |
| 8. Mapa de regionalización sísmica Republica de El Salvador                           | 38     |
| 9. Centro de masa del centro de capacitación                                          | 45     |
| 10. Planta de cargas segundo nivel, centro de capacitación                            | 50     |
| 11. Planta de cargas primer nivel, centro de capacitación                             | 50     |
| 12. Planta de cargas nivel cero, centro de capacitación                               | 51     |
| 13. Elevación eje X de cargas, centro de capacitación                                 | 51     |
| 14. Elevación eje Y de cargas, centro de capacitación                                 | 51     |
| 15. Dirección para momentos fijos                                                     | 58     |
| 16. Diagrama de momentos (ton*m) en vigas, eje Y centro de capacitación               | 70     |
| 17. Diagrama de momentos (ton*m) en vigas, eje X centro de capacitación               | 71     |
| 18. Diagrama de momentos (ton*m) en columnas, eje Y<br>centro de capacitación         | 72     |
| 19. Diagrama de momentos (ton*m) en columnas, eje X<br>centro de capacitación         | 73     |
| 20. Momentos (kg*m) de Etabs en vigas y columnas, sentido Y<br>centro de capacitación | 74     |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 21. Momentos (kg*m) de Etabs en vigas y columnas, sentido X<br>centro de capacitación  | 75  |
| 22. Diagrama de corte en vigas, eje Y (momentos en Ton*m)<br>centro de capacitación    | 78  |
| 23. Diagrama de corte en vigas, eje X (momentos en ton*m)<br>centro de capacitación    | 79  |
| 24. Diagrama de corte en columnas, eje Y (momentos en Ton*m)<br>centro de capacitación | 80  |
| 25. Diagrama de corte en columnas eje X (momentos Ton*m),<br>centro de capacitación    | 81  |
| 26. Losas del primer nivel, centro de capacitación                                     | 83  |
| 27. Tipo de losas en primer nivel, centro de capacitación                              | 84  |
| 28. Losa 1 (caso 2)                                                                    | 88  |
| 29. Losa 2 (caso 2)                                                                    | 89  |
| 30. Losa 10 (caso 2)                                                                   | 89  |
| 31. Momentos a balancear                                                               | 92  |
| 32. Balance de momentos de losa 1 y 2                                                  | 93  |
| 33. Balance de momentos de losa 4 y 5                                                  | 94  |
| 34. Momentos balanceados (kg*m) primer nivel                                           | 99  |
| 35. Momentos balanceados (kg*m ) segundo nivel                                         | 100 |
| 36. Propuesta de armado de losa, corte transversal                                     | 105 |
| 37. Propuesta de armado de losa                                                        | 106 |
| 38. Propuesta de armado de viga, corte transversal, centro<br>de capacitación          | 112 |
| 39. Propuesta de armado de viga crítica, corte longitudinal,<br>centro de capacitación | 113 |
| 40. Columna crítica de la edificación, centro de capacitación                          | 115 |
| 41. Armado de columna propuesto, centro de capacitación                                | 115 |
| 42. Separación libre entre varillas, centro de capacitación                            | 117 |

|     |                                                                 |     |
|-----|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 43. | Carga axial aplicada a la columna, centro de capacitación       | 120 |
| 44. | Curva de interacción de momento inferior de la columna          | 124 |
| 45. | Curva de interacción de momento superior de la columna          | 124 |
| 46. | Detalle del estribo, centro de capacitación                     | 127 |
| 47. | Confinamiento de estribos en columna, centro de capacitación    | 127 |
| 48. | Armado de columna, centro de capacitación                       | 130 |
| 49. | Características de zapata, centro de capacitación               | 132 |
| 50. | Sección de zapata, centro de capacitación                       | 133 |
| 51. | Segunda estimación de sección de zapata, centro de capacitación | 134 |
| 52. | Área sombreada de corte simple, centro de capacitación          | 136 |
| 53. | Sección crítica de la zapata, centro de capacitación            | 137 |
| 54. | Perímetro de la sección crítica, centro de capacitación         | 138 |
| 55. | Área punzonante, centro de capacitación                         | 138 |
| 56. | Flexión en el sentido X-X, centro de capacitación               | 140 |
| 57. | Armado de zapata, centro de capacitación                        | 144 |
| 58. | Armado de cimiento corrido                                      | 145 |
| 59. | Medidas del escalón                                             | 147 |
| 60. | Planta módulo de gradas                                         | 148 |
| 61. | Armado de escaleras                                             | 153 |
| 62. | Sección del muro, centro de capacitación                        | 154 |
| 63. | Dimensiones del muro, centro de capacitación                    | 157 |
| 64. | Separación de lámparas                                          | 168 |
| 65. | Habitaciones en primer nivel                                    | 169 |
| 66. | Habitaciones en segundo nivel                                   | 170 |
| 67. | Detalle de BAP                                                  | 181 |
| 68. | Marco en el eje X, centro de acopio                             | 259 |
| 69. | Marco en el eje Y, centro de acopio                             | 259 |
| 70. | Cargas en marcos rígidos, centro de acopio                      | 263 |
| 71. | Centro de masa del edificio, centro de acopio                   | 268 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 72. Planta inferior de cargas, centro de acopio                                  | 272 |
| 73. Planta superior de cargas, centro de acopio                                  | 272 |
| 74. Elevación de eje X, centro de acopio                                         | 273 |
| 75. Elevación marco 3 eje X, centro de acopio                                    | 273 |
| 76. Marco 1 eje Y, centro de acopio                                              | 274 |
| 77. Dirección para momentos fijos                                                | 277 |
| 78. Diagrama de momentos (Ton*m) en vigas, eje Y, centro de acopio               | 283 |
| 79. Diagrama de momentos (Ton*m) en vigas, eje X centro de acopio                | 283 |
| 80. Diagrama de momentos (Ton*m) en columnas, eje Y centro de acopio             | 284 |
| 81. Diagrama de momentos (Ton*m) en columnas, eje X centro de acopio             | 284 |
| 82. Momentos (kg*m) de Etabs en vigas y columnas, sentido Y<br>centro de acopio  | 285 |
| 83. Momentos (kg*m) de Etabs en vigas y columnas, sentido X<br>centro de acopio  | 286 |
| 84. Diagrama de corte en vigas, eje Y (momentos en Ton*m)<br>centro de acopio    | 288 |
| 85. Diagrama de corte en vigas, eje X (momentos en Ton*m)<br>centro de acopio    | 289 |
| 86. Diagrama de corte en columnas, eje Y (momentos en Ton*m)<br>centro de acopio | 289 |
| 87. Diagrama de corte en columnas eje X (momentos Ton*m)<br>centro de acopio     | 290 |
| 88. Detalle de techo                                                             | 291 |
| 89. Elevación de bodega para detalle de techo                                    | 292 |
| 90. Sección típica de costanera                                                  | 292 |
| 91. Relación longitud-largo-pendiente                                            | 295 |
| 92. Planta techo de dos aguas                                                    | 296 |
| 93. Forma de trabajar las cargas en cada eje                                     | 297 |
| 94. Viga joist tridimensional                                                    | 299 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 95. Relación de triángulos para ancho tributario                                 | 300 |
| 96. Sección cordón superior                                                      | 307 |
| 97. Armado final de joist del tramo 1                                            | 309 |
| 98. Armado final de joist del tramo 2                                            | 309 |
| 99. Propuesta de armado de viga, corte transversal centro de acopio              | 317 |
| 100. Propuesta de armado de viga crítica, corte longitudinal<br>centro de acopio | 317 |
| 101. Columna crítica del centro de acopio                                        | 318 |
| 102. Armado de columna propuesto, centro de acopio                               | 319 |
| 103. Separación libre entre varillas, centro de acopio                           | 321 |
| 104. Carga axial aplicada a la columna, centro de acopio                         | 324 |
| 105. Curva de interacción de momento inferior de la columna                      | 328 |
| 106. Curva de interacción de momento superior de la columna                      | 328 |
| 107. Detalle del estribo, centro de capacitación                                 | 331 |
| 108. Confinamiento de estribos en columna, centro de capacitación                | 332 |
| 109. Armado de columna, centro de capacitación                                   | 335 |
| 110. Características de zapata, centro de acopio                                 | 337 |
| 111. Sección de zapata, centro de acopio                                         | 338 |
| 112. Segunda estimación de sección de zapata, centro de acopio                   | 339 |
| 113. Área sombreada de corte simple, centro de acopio                            | 342 |
| 114. Sección crítica de la zapata, centro de acopio                              | 343 |
| 115. Perímetro de la sección crítica, centro de acopio                           | 343 |
| 116. Área punzonante, centro de acopio                                           | 344 |
| 117. Flexión en el sentido X-X, centro de acopio                                 | 346 |
| 118. Armado de zapata, centro de acopio                                          | 351 |
| 119. Separación de lámparas en centro de acopio                                  | 362 |
| 120. Detalle 1 de canal metálico y bajadas de agua pluvial                       | 369 |
| 121. Detalle 2 de canal metálico y bajadas de agua pluvial                       | 370 |

## TABLAS

| TABLA                                                                                 | PÁGINA |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Altura mínima de vigas no pre-esforzadas                                           | 18     |
| 2. Cargas vivas unitarias mínimas                                                     | 24     |
| 3. Pesos de algunos materiales de construcción comunes                                | 27     |
| 4. Coeficientes de sitio                                                              | 36     |
| 5. Categorías de ocupación                                                            | 39     |
| 6. Sistemas estructurales                                                             | 41     |
| 7. Fuerzas por nivel                                                                  | 44     |
| 8. Rigidez por marco en el eje X, centro de capacitación                              | 46     |
| 9. Rigidez por marco eje Y, centro de capacitación                                    | 47     |
| 10. Fuerza marcos A, B y C eje X segundo nivel                                        | 49     |
| 11. Fuerza marcos A, B, C y D eje X primer nivel                                      | 49     |
| 12. Resumen de momentos fijos eje Y marco 1, centro de capacitación                   | 59     |
| 13. Momentos de sujeción Ms, centro de capacitación                                   | 61     |
| 14. Iteraciones en marco en el sentido Y, centro de capacitación                      | 65     |
| 15. Momentos en lados de losas                                                        | 85     |
| 16. Resumen de momentos en losas                                                      | 90     |
| 17. Momentos de losas balanceados                                                     | 94     |
| 18. Refuerzo de acero para vigas en el centro de capacitación                         | 113    |
| 19. Zonas de confinamiento, centro de capacitación                                    | 126    |
| 20. Separación de estribos en columnas, centro de capacitación                        | 129    |
| 21. Refuerzos estructurales de muros                                                  | 162    |
| 22. Número de lámparas en habitaciones                                                | 169    |
| 23. Factores de demanda máxima por elementos eléctricos                               | 171    |
| 24. Circuitos del centro de capacitación                                              | 173    |
| 25. Balance de cargas en el sistema eléctrico primer nivel,<br>Centro de Capacitación | 173    |

|     |                                                                                                                     |     |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 26. | Diámetro de las derivaciones en colector                                                                            | 177 |
| 27. | Áreas máximas a drenar según diámetro                                                                               | 178 |
| 28. | Valor de coeficiente de escorrentía                                                                                 | 179 |
| 29. | Coeficientes de rugosidad “n” para las fórmulas de Manning<br>en tuberías, centro de capacitación                   | 180 |
| 30. | Unidades de gasto para el cálculo de tuberías de distribución<br>de agua en los edificios (aparatos de uso público) | 183 |
| 31. | Gastos probables para la aplicación del método de Hunter (L/s)                                                      | 184 |
| 32. | Resumen presupuesto centro de capacitación                                                                          | 187 |
| 33. | Gastos administrativos para 7 meses, centro de capacitación                                                         | 189 |
| 34. | Desglose de impuestos, centro de capacitación                                                                       | 189 |
| 35. | Trabajos preliminares, centro de capacitación                                                                       | 190 |
| 36. | Zapata de cimentación, centro de capacitación                                                                       | 191 |
| 37. | Columna C-1 (primer nivel)                                                                                          | 192 |
| 38. | Columna C-2 (segundo nivel)                                                                                         | 193 |
| 39. | Vigas T-1 (primer nivel)                                                                                            | 194 |
| 40. | Vigas T-2 (segundo nivel)                                                                                           | 195 |
| 41. | Solera de humedad, centro de capacitación                                                                           | 196 |
| 42. | Solera intermedia tipo U (primer nivel)                                                                             | 197 |
| 43. | Columna C-3 (primer nivel)                                                                                          | 198 |
| 44. | Solera intermedia tipo U (segundo nivel)                                                                            | 199 |
| 45. | Columna C-3 (segundo nivel)                                                                                         | 200 |
| 46. | Levantado de block (primer nivel)                                                                                   | 201 |
| 47. | Levantado de block (segundo nivel)                                                                                  | 202 |
| 48. | Losa plana de 12 cm de espesor (primer nivel)                                                                       | 202 |
| 49. | Losa de 12 cm de espesor (segundo nivel)                                                                            | 204 |
| 50. | Fundición de canales de concreto                                                                                    | 205 |
| 51. | Módulo de gradas                                                                                                    | 206 |
| 52. | Levantado de bordillo de block                                                                                      | 207 |

|     |                                                                     |     |
|-----|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 53. | Base de piso, centro de capacitación                                | 208 |
| 54. | Pisos, centro de capacitación                                       | 209 |
| 55. | Acera de empedrado fraguado                                         | 210 |
| 56. | Acabado en paredes, columnas, techo y vigas (primer nivel)          | 211 |
| 57. | Acabados en paredes, columnas, techo y vigas (segundo nivel)        | 212 |
| 58. | Portón metálico                                                     | 213 |
| 59. | Suministro e instalación de puertas (primer nivel)                  | 214 |
| 60. | Suministro e instalación de puerta metálica (primer nivel)          | 215 |
| 61. | Suministro e instalación de puertas (segundo nivel)                 | 216 |
| 62. | Balcón para ventana 2.00 m x 1.00 m (primer nivel)                  | 217 |
| 63. | Balcón para ventana 2.00 m x 1.00 m (segundo nivel)                 | 218 |
| 64. | Balcón para ventana 1.00 m x 1.00 m (primer nivel)                  | 219 |
| 65. | Balcón para ventana 1.00 m x 1.00 m (segundo nivel)                 | 220 |
| 66. | Instalación de bajadas de agua pluvial                              | 221 |
| 67. | Cuneta de drenaje de agua pluvial                                   | 222 |
| 68. | Suministro e instalación tubería de agua potable                    | 223 |
| 69. | Suministro e instalación de tubería de drenaje                      | 224 |
| 70. | Suministro e instalación eléctrica, iluminación (primer nivel)      | 225 |
| 71. | Suministro e instalación eléctrica, iluminación (segundo nivel)     | 226 |
| 72. | Suministro e instalación eléctrica, fuerza (primer nivel)           | 227 |
| 73. | Suministro e instalación eléctrica, fuerza (segundo nivel)          | 228 |
| 74. | Limpieza final, centro de capacitación                              | 229 |
| 75. | Resumen de materiales, centro de capacitación                       | 230 |
| 76. | Cronograma de ejecución físico y financiero, centro de capacitación | 233 |
| 77. | Rigidez por marco en el eje X, centro de acopio                     | 268 |
| 78. | Rigidez por marco en el eje Y, centro de acopio                     | 269 |
| 79. | Fuerza en marcos superiores ejes A, B y C sentido X                 | 271 |
| 80. | Fuerza en marcos inferiores ejes A, B y C sentido X                 | 271 |
| 81. | Resumen de momentos, centro de acopio                               | 277 |

|      |                                                                                             |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 82.  | Momentos de sujeción por nodo, centro de acopio                                             | 279 |
| 83.  | Iteraciones en eje Y, centro de acopio                                                      | 281 |
| 84.  | Momentos en columnas (Ton*m)                                                                | 282 |
| 85.  | Fuerza de corte en columnas (Ton)                                                           | 288 |
| 86.  | Refuerzo de acero para vigas en el centro de acopio                                         | 318 |
| 87.  | Zonas de confinamiento, centro de capacitación                                              | 330 |
| 88.  | Separación de estribos en columnas, centro de capacitación                                  | 334 |
| 89.  | Factores de demanda máxima por elementos eléctricos                                         | 363 |
| 90.  | Circuitos del centro de capacitación                                                        | 364 |
| 91.  | Balance de cargas en el sistema eléctrico, Centro de Acopio                                 | 365 |
| 92.  | Áreas máximas a drenar según diámetro                                                       | 366 |
| 93.  | Valor de coeficiente de escorrentía                                                         | 367 |
| 94.  | Coeficientes de rugosidad “n” para las fórmulas de Manning<br>en tuberías, centro de acopio | 368 |
| 95.  | Resumen presupuesto centro de acopio                                                        | 371 |
| 96.  | Gastos administrativos para 5 meses, centro de acopio                                       | 372 |
| 97.  | Desglose de impuestos, centro de acopio                                                     | 372 |
| 98.  | Trabajos preliminares, centro de acopio                                                     | 373 |
| 99.  | Zapata de cimentación, centro de acopio                                                     | 374 |
| 100. | Columna C-1                                                                                 | 375 |
| 101. | Columna C-2                                                                                 | 376 |
| 102. | Vigas                                                                                       | 377 |
| 103. | Solera de humedad, centro de acopio                                                         | 378 |
| 104. | Solera intermedia tipo U                                                                    | 379 |
| 105. | Columna C-3                                                                                 | 380 |
| 106. | Levantado de block                                                                          | 381 |
| 107. | Piso                                                                                        | 382 |
| 108. | Corredor y rampa                                                                            | 383 |
| 109. | Acabado en columnas y paredes                                                               | 384 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 110. Cortina metálica enrollable                                   | 385 |
| 111. Balcón para ventana                                           | 386 |
| 112. Instalación de bajada de agua pluvial                         | 387 |
| 113. Suministro e instalación eléctrica, iluminación               | 388 |
| 114. Suministro e instalación eléctrica, fuerza                    | 389 |
| 115. Vigas de alma abierta 1                                       | 390 |
| 116. Vigas de alma abierta 2                                       | 391 |
| 117. Cubierta de lámina                                            | 392 |
| 118. Limpieza final, centro de acopio                              | 393 |
| 119. Resumen de materiales, centro de acopio                       | 394 |
| 120. Cronograma de ejecución físico y financiero, centro de acopio | 396 |

## LISTADO DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

|                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| $h$                 | Altura                     |
| $A$                 | Amperios                   |
| $\emptyset$         | Ángulo                     |
| $a$                 | Área                       |
| $A_s$               | Área de acero              |
| $A_{s \max}$        | Área de acero máximo       |
| $A_{s \min}$        | Área de acero mínimo       |
| $A_{s \text{ req}}$ | Área de acero requerido    |
| $A_g$               | Área total de la sección   |
| @                   | Arroba/a cada              |
| $b$                 | Base                       |
| $W$                 | Carga                      |
| $q_v$               | Carga del viento           |
| $CV$                | Carga viva                 |
| $CU$                | Carga última               |
| $CM$                | Carga muerta               |
| $Q$                 | Caudal                     |
| $^{\circ}C$         | Centígrados                |
| $cm$                | Centímetros                |
| $cm^2$              | Centímetros cuadrados      |
| $CR$                | Centro de rigidez          |
| $To$                | Clasificador de sitio      |
| $PVC$               | Cloruro de polivinilo      |
| $\epsilon_s$        | Coeficiente de elasticidad |
| $\mu$               | Coeficiente de reparto     |

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| n                       | Coeficiente de rugosidad          |
| Co                      | Coeficiente de sitio              |
| Cs                      | Coeficiente sísmico               |
| Cu                      | Cohesión                          |
| fa                      | Compresión actuante               |
| Fa                      | Compresión resistente             |
| C                       | Contrahuella                      |
| V                       | Corte basal                       |
| Vr                      | Corte resistente del concreto     |
| Vu                      | Corte último                      |
| F                       | Costo de mantenimiento            |
| $\gamma_{\text{suelo}}$ | Densidad del suelo                |
| Df                      | Desplante                         |
| $\emptyset$             | Diámetro                          |
| D                       | Diámetro                          |
| \$                      | Dólares                           |
| X                       | Eje X                             |
| Y                       | Eje Y                             |
| Z                       | Eje Z                             |
| EPS                     | Ejercicio Profesional Supervisado |
| fv                      | Esfuerzo a corte                  |
| fb                      | Esfuerzo actuante a flexión       |
| Fb                      | Esfuerzo resistente a flexión     |
| t                       | Espesor                           |
| E                       | Este                              |
| e                       | Excentricidad                     |
| I                       | factor de calidad                 |
| $\nu$                   | Factor de corrimiento             |
| Nq                      | Factor de flujo de carga          |

|                     |                                                  |
|---------------------|--------------------------------------------------|
| Nc                  | Factor de flujo de carga última                  |
| NY                  | Factor de flujo de Y                             |
| $f_s$               | Factor de seguridad                              |
| V                   | Fuerza cortante                                  |
| Ft                  | Fuerza de techo                                  |
| Fni                 | Fuerza por nivel                                 |
| °                   | Grados                                           |
| Hip                 | Hipotenusa                                       |
| H                   | Huella                                           |
| I                   | Inercia                                          |
| M"                  | Influencia de desplazamiento                     |
| M'                  | Influencia de giro                               |
| I                   | Intensidad                                       |
| I                   | Inversión inicial                                |
| kg                  | Kilogramo                                        |
| kg*m                | Kilogramo metro                                  |
| kg/cm <sup>2</sup>  | Kilogramo sobre centímetro cuadrado              |
| km                  | Kilómetro                                        |
| km <sup>2</sup>     | Kilómetro cuadrado                               |
| lb                  | Libra                                            |
| lb/pie <sup>2</sup> | Libra sobre pie cuadrado                         |
| l                   | Longitud                                         |
| MTFRL               | Mancomunidad Trinacional<br>Fronteriza Río Lempa |
| mz                  | Manzana                                          |
| m                   | Metro                                            |
| m <sup>2</sup>      | Metro cuadrado                                   |
| m <sup>3</sup>      | Metro cúbico                                     |

|                   |                                        |
|-------------------|----------------------------------------|
| msnm              | Metro sobre el nivel del mar           |
| mm                | Milímetro                              |
| '                 | Minuto                                 |
| M                 | Momento                                |
| Mp                | Momento de entrepiso                   |
| Ms                | Momento de sujeción                    |
| N                 | Norte                                  |
| #                 | Numeral/número                         |
| O                 | Oeste                                  |
| p.                | Página                                 |
| S                 | Pendiente                              |
| d                 | Peralte efectivo                       |
| bo                | Perímetro                              |
| T                 | Periodo de oscilación                  |
| n                 | Periodo de tiempo                      |
| Pcordón           | Peso del cordón                        |
| Yc                | Peso específico del concreto           |
| Ppcost            | Peso propio de costanera               |
| pie <sup>3</sup>  | Pie cúbico                             |
| pie               | Pie                                    |
| %                 | Porcentaje                             |
| Pu                | Presión última                         |
| pulg              | Pulgada                                |
| pulg <sup>2</sup> | Pulgada cuadrada                       |
| r                 | Radio                                  |
| rec               | Recubrimiento                          |
| fy                | Resistencia a la fluencia del acero    |
| f' c              | Resistencia de compresión del concreto |

|                         |                                        |
|-------------------------|----------------------------------------|
| <i>K</i>                | Rigidez                                |
| "                       | Segundo                                |
| <i>S</i>                | Separación                             |
| <i>Sc</i>               | Separación central                     |
| <i>Si</i>               | Separación inferior                    |
| <i>Ss</i>               | Separación superior                    |
| T.M.A.                  | Tamaño máximo del agregado             |
| <i>tan</i>              | Tangente                               |
| <i>tan</i> <sup>2</sup> | Tangente cuadrado                      |
| <i>TA</i>               | Tarifa anual                           |
| <i>i</i>                | Tasa de interés                        |
| <i>Ton</i>              | Tonelada                               |
| <i>Ton*m</i>            | Tonelada por metro                     |
| USAC                    | Universidad de San Carlos de Guatemala |
| VPN                     | Valor presente neto                    |
| <i>qd</i>               | Valor soporte de diseño                |
| <i>qu</i>               | Valor soporte neto último              |
| <i>qo</i>               | Valor soporte último                   |
| <i>Ve</i>               | Velocidad del viento                   |
| <i>V</i>                | Voltio                                 |
| <i>W</i>                | Watt                                   |
| <i>Zc</i>               | Zona central                           |
| <i>Zi</i>               | Zona inferior                          |
| <i>A</i>                | Zona sísmica                           |
| <i>Zs</i>               | Zona superior                          |



## **GLOSARIO**

|                        |                                                                                                                                 |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ACI</b>             | Instituto Americano de Concreto (American Concrete Institute ).                                                                 |
| <b>Agregado</b>        | Material inerte, que se mezcla con cemento y agua para producir concreto.                                                       |
| <b>AISC</b>            | Instituto Americano de Construcción de Aceros (American Institute of Steel Construction).                                       |
| <b>Área tributaria</b> | Teóricamente se define como la zona de acción de las cargas para el análisis estructural.                                       |
| <b>ASTM</b>            | Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (American Society for Testing and Materials).                                      |
| <b>CUNORI</b>          | Centro Universitario de Oriente                                                                                                 |
| <b>Deflexión</b>       | Deformación de los elementos estructurales que se presentan en forma de curvatura del eje longitudinal, al aplicárseles cargas. |
| <b>EPS</b>             | Ejercicio Profesional Supervisado                                                                                               |

|                      |                                                                                                                                                                                |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Esfuerzo</b>      | Fuerza por unidad de área.                                                                                                                                                     |
| <b>Estribo</b>       | Refuerzo de acero utilizado para resistir esfuerzos cortantes y de torsión en un elemento estructural.                                                                         |
| <b>ETABS</b>         | Por sus siglas en inglés (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) es un software utilizado para el análisis estructural dinámico y estático de edificaciones. |
| <b>Excentricidad</b> | Distancia comprendida entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.                                                                                        |
| <b>FISDL</b>         | Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local                                                                                                                             |
| <b>Momento</b>       | Producto de intensidad de una fuerza por su distancia perpendicular desde la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.                                                  |
| <b>Mortero</b>       | Mezcla de cemento, arena y agua que es utilizada para el levantado de muros.                                                                                                   |
| <b>MTFRL</b>         | Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa                                                                                                                                  |

|                  |                                                                                                                                      |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Refuerzo</b>  | Material que consiste en acero estructural y se utiliza para aumentar el soporte estructural de los elementos de concreto reforzado. |
| <b>SEAOC</b>     | Asociación de Ingeniería Estructural de California (Structural Engineering Association of California).                               |
| <b>Sedimento</b> | Materia que, habiendo estado suspendida en un líquido, se posa en el fondo por la acción de la gravedad.                             |
| <b>USAC</b>      | Universidad de San Carlos de Guatemala                                                                                               |
| <b>USAID</b>     | Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional                                                                           |



## **RESUMEN**

A través del EPS realizado en la MTFRL se priorizaron dos proyectos en el municipio de Candelaria de la Frontera para proporcionar soluciones técnicas a las necesidades reales de la población.

Ambos proyectos consisten en edificaciones diseñadas con el sistema estructural de marcos rígidos analizados por el método de análisis numérico, mejor conocido como Kani y los resultados se compararon con el software ETABS 2015; se realizó un estudio de suelos para conocer el valor soporte del suelo, se realizó el diseño de los elementos estructurales: zapatas, vigas, columnas y losas planas, todos de concreto reforzado tomando en cuenta los estándares y normas aplicadas en El Salvador.

El primer proyecto consiste en el diseño de un edificio de dos plantas, con dimensiones de 12 m de ancho y 30 m de largo y todos sus elementos estructurales de concreto reforzado, destinado para ser el centro de capacitación en la Finca Escuela Trinacional de la MTFRL en el cual se impartirán temas acerca de buenas prácticas agrícolas y seguridad alimentaria a todos los interesados.

El segundo proyecto es el diseño de un centro de acopio de una planta, con dimensiones de 10 m de ancho y 15 m de largo, con altura de 6 m, cubierta de lámina de aluminio-zinc, estructura de techo de vigas de alma abierta -vigas joist- y elementos estructurales de concreto reforzado, destinado al almacenamiento de granos básicos y alimentos en la Finca Escuela Trinacional de la MTFRL.

Para ambos proyectos se realizaron los diseños y se presentan los procedimientos técnicos de ingeniería civil finalizando con los planos constructivos, presupuestos y cronogramas de ejecución física y financiera.

## INTRODUCCIÓN

En la carrera de Ingeniería Civil del CUNORI se realiza el EPS, que se considera una proyección de la USAC hacia la población, realizándose a través de programas de prácticas académicas y llegar así a confrontar la teoría con la práctica en un campo real de aplicación, para desarrollar proyectos relativos a su profesión.

Con el EPS realizado en la MTFRL se llevó a cabo una etapa inicial denominada diagnóstico, en la que se determinó las prioridades; posteriormente se definió que los proyectos con mayor necesidad son: un edificio de dos plantas destinado para ser el centro de capacitación de la Finca Escuela Trinacional en el cual se impartirán temas acerca de buenas prácticas agrícolas a todos los interesados, así mismo la ampliación de bodega para el almacenamiento de granos básicos y alimentos de la Empresa Río Lempa, ambos proyectos a realizarse en la Finca Escuela Trinacional del municipio de Candelaria de La Frontera, departamento de Santa Ana, El Salvador.

El desarrollo del contenido de este documento consta de 3 capítulos. El primero muestra la monografía del municipio en cual se ejecutarán los proyectos, así como un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura con cierto grado de priorización. En los dos restantes se desarrolla la fase técnica en la que se describen las características de los proyectos. El centro de capacitación para uso educativo se utilizaron códigos internacionales que regulan el diseño de concreto reforzado y normas salvadoreñas de seguridad en la construcción. Finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones consideradas para los proyectos.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Diseñar edificaciones para el Centro de Capacitación y Centro de Acopio de la Empresa Río Lempa, en la Finca Escuela Trinacional de producción agroecológica, municipio de Candelaria de la Frontera, departamento de Santa Ana, El Salvador.

### **Objetivos específicos**

1. Realizar el diseño estructural que cumpla con las normas de construcción de la República de El Salvador.
2. Elaborar los planos que representen con detalle la ejecución de los proyectos.
3. Efectuar el presupuesto del costo total de las edificaciones, costo de mano de obra y costo de materiales.

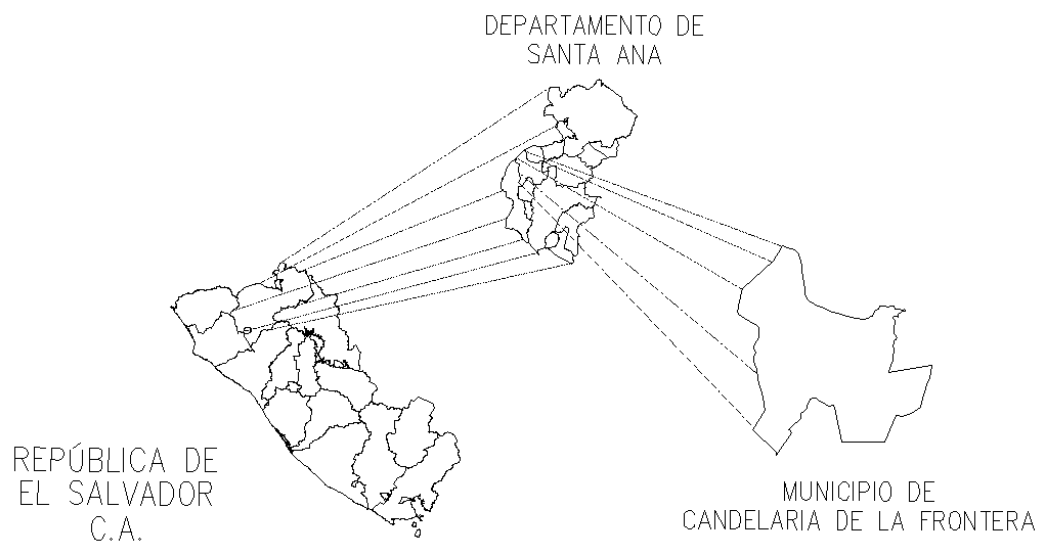


# 1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

## 1.1. Localización

El municipio de Candelaria de la Frontera se localiza en la zona occidental de El Salvador, en el departamento de Santa Ana; los municipios con los que limita son: al oeste con El Porvenir, al este con Texistepeque y al norte con el departamento de Chiquimula, de la República de Guatemala, y Santiago de la Frontera. Su localización se encuentra en un puesto estratégico debido a las cercanías con el puesto fronterizo San Cristóbal y el puerto de Acajutla (SACDEL, 2012, p.1).

**Figura 1. Localización del municipio de Candelaria de la Frontera**



Fuente: elaboración propia

Esta localidad está ubicada a 87 km. de la capital de El Salvador y a 28 km. al noreste de la ciudad de Santa Ana. El terreno es bastante montañoso y abarca

una extensión de 97 km<sup>2</sup>. Para su administración se divide en 11 cantones y 53 caseríos. Su terreno es bastante montañoso, su elevación y ubicación en punto de referencia del palacio municipal de Candelaria de La Frontera es de 678.00 metros sobre el nivel del mar (msnm) con coordenadas en grados, minutos y segundos: 14°7'0"N 89°39'0"O y coordenadas UTM: 16N 213878.9 1562243.8 (Candelaria de la Frontera (El Salvador), s.f., recuperado de: [https://www.ecured.cu/Candelaria\\_de\\_la\\_Frontera\\_\(El\\_Salvador\)](https://www.ecured.cu/Candelaria_de_la_Frontera_(El_Salvador)))).

## **1.2. Vías de acceso**

El municipio es atravesado por la carretera internacional CA-1 siendo la carretera principal para acceder al mismo. Las vías de acceso, comunicación y transporte en el municipio están conformadas por la red primaria de calles y avenidas pavimentadas en el casco urbano, seguida de los caminos de terracería en la periferia.

## **1.3. Clima**

Weather Spark (s. f.):

El clima en Candelaria de la Frontera es tropical con temporadas de lluvia opresivas y nubladas; mientras que en temporada seca es ventosa y mayormente despejada y es caliente durante todo el año. La temperatura generalmente varía de 16 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 13 °C o sube a más de 33 °C.

La temporada de lluvia dura 7.5 meses, que normalmente inicia durante el mes de abril y finaliza en el mes de noviembre, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia que cae durante los 31 días acumulan total promedio de 134 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 4.5 meses, finalizando el mes de noviembre a inicios del mes de abril. El día con la menor cantidad de lluvia acumula un promedio de 2 milímetros (El clima promedio en Candelaria de la Frontera, s.f., recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/12331/Clima-promedio-en-Candelaria-de-La-Frontera-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o>).

#### **1.4. Población**

Para 2007 (VI censo de población y V de vivienda, DIGESTYC, 2007), la población total de Candelaria de la Frontera alcanzaba los 22,686 habitantes, de los cuales el 51.40% correspondía a población femenina y 48.60% a masculina. Del total de la población, el 64.08% era población rural, mientras que el 35.92% urbana (Sistema de Asesoría y Capacitación para el Desarrollo Local, 2012, p. 2).

#### **1.5. Aspectos socioeconómicos**

Municipios de El Salvador (s.f.):

Candelaria de la Frontera ofrece una diversidad de artesanías hechas por emprendedores; apoyadas por la municipalidad, estos artesanos demuestran su talento en sus creaciones, muchas de estas trabajadas a partir de materia prima reciclable, las cuales pueden adquirirse a precios muy accesibles.

El turismo rural es otro de los aspectos a tomar en cuenta en este municipio. Los turistas pueden visitar las zonas rurales de la ciudad y conocer de cerca el proceso de la leche. Una de las partes más atractivas de este tipo de turismo es

que las personas tienen la oportunidad de ser parte del proceso y vivir la experiencia de ordeñar las vacas.

Candelaria de la Frontera ofrece una experiencia única. Para realizar recorridos en vehículos todoterreno por calles rurales, pequeños ríos y hasta en imponentes cerros del lugar.

Entre algunos sitios turísticos en este lugar se encuentran las piscinas del Tanque, las pozas de Los Chorros, El Perol y la Cueva de León y varios sitios arqueológicos (*Candelaria de la Frontera*. Recuperado de: <http://www.municipiosdeelsalvador.com/santa-ana/candelaria-de-la-frontera>).

## **1.6. Servicios públicos**

Los servicios públicos que presta la Municipalidad son básicamente el alumbrado público y la recolección de los desechos sólidos. La cobertura del servicio de alumbrado público es del 100% en el área urbana y del 10% en el área rural, mientras que la recolección de los desechos sólidos tiene una cobertura del 100% en el área urbana y el área rural no cuenta con este servicio. En relación a otros servicios, no se realiza barrido de calles y el mantenimiento de vías se realiza sin un plan permanente, atendiendo a las emergencias (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, 2012, p. 58).

## **2. DISEÑO CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL**

### **2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar un edificio que apoye a la población y a la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa, MTFRL, para dar respuesta a sus necesidades e implementar temas relacionados con la seguridad alimentaria y nutricional. La finca escuela en donde se tiene un espacio disponible para el edificio cuenta con un área de 480 m<sup>2</sup>. Se propone una edificación de dos plantas, la planta uno cuenta con: una bodega, dos oficinas, un salón con bodega propia, un aula, servicios sanitarios y duchas, módulo de gradas, pasillos y acceso a la parte trasera; la planta dos cuenta con: tres salones; uno con bodega propia, un aula, una sala de espera, pasillos y dos accesos al aire libre para convivencia. Ambas plantas cuentan con su servicio de instalaciones eléctricas e iluminación.

El tipo de sistema estructural utilizado es el de marcos rígidos, compuestos por vigas, columnas, zapatas y losas planas, todos estos elementos de concreto reforzado.

### **2.2. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico es un estudio técnico y descriptivo de un terreno, examinando la superficie terrestre en la cual se tienen en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno, pero también sus variaciones y alteraciones, se denomina a este acopio de datos o plano que refleja al detalle y sirve como instrumento de planificación para edificaciones y construcciones (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2018., *¿En qué consiste*

*un levantamiento topográfico?*. Recuperado de: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/areas-estrategicas/subdireccion-de-geografia-y-cartografia>).

“Es primordial contar con una buena representación gráfica, que contemple tanto los aspectos altimétricos, como planimétricos, para ubicar de buena forma el proyecto” (Méndez, 2012, p. 10).

El levantamiento topográfico del terreno donde se ubica el proyecto se realizó utilizando el método estaciones y radiaciones, para lo cual se utilizaron los siguientes instrumentos: equipo topográfico (estación total), trípode de aluminio, prisma y bastón, plomada, estacas de madera, machete, clavos de acero, martillo, pintura en aerosol y cinta métrica de metal.

La topografía del terreno presentó una forma plana con una pendiente del 2% hacia el este, facilitando de esta manera el diseño del proyecto evitando el movimiento de tierras.

### **2.2.1. Planimetría**

Los levantamientos planimétricos tienen por objetivo la determinación de las coordenadas planas de puntos en el espacio, para representarlos en una superficie plana: plano o mapa. Cada punto en el plano queda definido por sus coordenadas. Estas pueden ser polares (rumbo y distancia) o cartesianas: distancias perpendiculares a ejes cartesianos: X y Y o N y E (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan, 2004, p. 2).

Los datos planimétricos del terreno se obtuvieron del levantamiento topográfico realizado con los instrumentos antes indicados, en el que se

determinaron las coordenadas X y Y de cada punto que representa elementos importantes tales como: colindancias, vías de acceso, infraestructuras existentes, áreas de cultivos y áreas disponibles para el proyecto.

### **2.2.2. Altimetría**

La altimetría o nivelación tiene por objetivo la determinación de la diferencia de alturas entre distintos puntos del espacio, a partir de una superficie de referencia. A la diferencia de altura entre dos puntos se denomina diferencia de nivel. Con la altimetría se determina la tercera coordenada (z), perpendicular al plano de referencia (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, F.C.E.F.N., 2004, p. 2).

Los datos altimétricos del terreno se obtuvieron del levantamiento topográfico realizado con los instrumentos antes indicados, en el que se determinó la coordenada Z de cada punto que representa las diferencias de nivel de los elementos importantes tales como: colindancias, vías de acceso, infraestructuras existentes, áreas de cultivos y áreas disponibles para el proyecto.

### **2.3. Investigación preliminar**

En la actualidad el municipio de Candelaria de la Frontera no cuenta con una infraestructura adecuada, destinada a capacitar a la población en temas relacionados a la seguridad alimentaria y nutricional, por lo tanto, se ha manifestado por parte de las autoridades locales y de la MTFRL, la iniciativa de poder construir un edificio para brindar a la población local y regional, instalaciones con ambientes cómodos y adecuados al uso correspondiente.

### **2.3.1. Terreno disponible**

El proyecto se encuentra ubicado sobre la Carretera Panamericana, kilómetro 85.5, cantón Zacamil, municipio de Candelaria de La Frontera, departamento de Santa Ana, República de El Salvador, coordenadas en grados minutos y segundos: 14°05'52.5"N 89°39'01.4"O y coordenadas UTM: 16N 213812.9 1560167.6 en el ingreso a la Finca Escuela.

El área total del terreno es de cinco manzanas, de las cuales existen áreas destinadas para cultivos y oficinas administrativas.

### **2.3.2. Análisis de suelos**

Es necesario realizar este análisis para conocer cuál es el valor soporte del suelo, donde se aplica el peso total de la edificación y así diseñar las cimentaciones adecuadas para la edificación dándole seguridad a la estructura.

#### **2.3.2.1. Determinación del valor soporte del suelo**

Se extrajo una muestra inalterada a 2.00 m de profundidad, de 1.00 pie cúbico, de la ubicación donde se construirá el edificio. Dicha profundidad se determinó observando los estratos, obteniendo desde el nivel de suelo natural hasta 1.00 m de profundidad, donde se encontró arcilla y a partir de esta dimensión, también se encontró un manto de suelo limo color café con presencia de arena fina, el cual presentó buenas propiedades físicas de compactación.

La muestra se protegió con capas de parafina para que conservara sus características naturales, como forma y humedad, y fue trasladada adecuadamente al Centro de Investigaciones de Ingeniería - CII - de la USAC,

para el desarrollo del ensayo de compresión Triaxial, cuyos resultados se presentan en el anexo A.

Para el cálculo de la capacidad de carga del suelo se aplicó la ecuación para cimentaciones cuadradas del Dr. Karl Terzaghi.

$$q_o = 1.3 * C_u * N_c + Y_{\text{suelo}} * D_f * N_q + 0.4 * Y_{\text{suelos}} * B * N_\gamma$$

Donde:

$q_o$  = Capacidad de carga

$Y_{\text{suelos}}$  = Densidad del suelo (densidad seca)

$B$  = Base supuesta

$N_\gamma$  = Factor de flujo

$C_u$  = Cohesión del suelo

$N_c$  = Factor de flujo de carga última

$D_f$  = Desplante

$N_q$  = Factor de flujo de carga

- **Datos de laboratorio**

Los resultados del laboratorio (ver anexo A) son los siguientes:

Ángulo de fricción interna  $\phi = 24.17^\circ$

Cohesión  $C_u = 12.55 \text{ Ton/m}^2$

Densidad seca =  $1.19 \text{ T/m}^2$

Tipo de suelo = Limo color café con presencia de arena fina

- **Análisis de resultados**

Utilizando los siguientes datos:

Base supuesta (B) = 1.00 m

Desplante ( $D_f$ ) = 2.00 m

$\gamma_{\text{suelo}} = 1.19 \text{ Ton/m}^2$

La capacidad de carga de cimentación se obtiene mediante las siguientes expresiones:

- **Factor de flujo de carga:**

$$N_q = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) * e^{\pi * \tan \phi}$$

Donde

$\phi$  = Ángulo de fricción interna

$$N_q = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{24.17^\circ}{2} \right) * e^{\pi * \tan(24.17^\circ)} = 9.77 \text{ Ton/m}^2$$

- **Factor de flujo de carga última:**

$$N_c = \cot \phi * (N_q - 1)$$

$$N_c = \cot(24.17^\circ) * (9.77 - 1) = 19.54 \text{ Ton/m}^2$$

- **Factor de flujo de Y:**

$$N_Y = 2 * (N_q + 1) * \tan \emptyset$$

$$N_Y = 2 * (9.77 + 1) * \tan(24.17^\circ) = 9.67 \text{ Ton/m}^2$$

- **Valor soporte último:**

$$q_o = 0.4 * Y_{\text{suelo}} * B * N_Y + 1.3 * C_u * N_c + Y_{\text{suelo}} * D_f * N_q$$

$$q_o = 0.4 * 1.19 * 1.00 * 9.67 + 1.3 * 12.55 * 19.54 + 1.19 * 2.00 * 9.77$$

$$q_o = 346.65 \text{ Ton/m}^2$$

- **Valor soporte neto último:**

$$q_u = q_o - (Y_{\text{suelo}} * D_f) = 346.65 - (1.19 * 2.00) = 344.27 \text{ Ton/m}^2$$

- **Valor soporte de diseño:**

$$q_d = \frac{q_u}{f_s}$$

Donde:

$f_s$  = Factor de seguridad, para todos los casos puede ser mínimo de 3 a 4 (Nij, 2009, p. 51).

Por motivos de riesgos implicados en la extracción de la muestra se tomará como factor de riesgo  $f_s = 5$ .

$$q_d = \frac{344.27}{5} = 68.85 \text{ Ton/m}^2$$

El valor soporte de diseño del suelo es de 68.85 Ton/m<sup>2</sup>.

## **2.4. Diseño arquitectónico**

Se realiza el diseño arquitectónico para distribuir los ambientes que componen el edificio. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para su uso, para ello se aplican criterios de normativas para el diseño arquitectónico de centros educativos, consensuados y aprobados por autoridades de la MTFRL para suplir sus necesidades.

### **2.4.1. Ubicación del edificio en el terreno**

El terreno disponible está ubicado sobre la Carretera Panamericana, kilómetro 85.5, cantón Zacamil, parcelamiento agrícola San Miguel, polígono 3, número 14, porción 1 en el municipio de candelaria de la frontera, departamento de Santa Ana, República de El Salvador, coordenadas en grados minutos y segundos: 14°05'52.5"N 89°39'01.4"O y coordenadas UTM: 16N 213812.9 1560167.6 en el ingreso a la Finca Escuela.

El área total del terreno es de 5 manzanas, de las cuales existen áreas destinadas para cultivos y oficinas administrativas, por lo que el edificio se ubicó en la tendencia de construcciones existentes.

#### **2.4.2. Distribución de ambientes**

Los ambientes con los que el edificio contará son:

- Primer nivel: dos oficinas de administración, una bodega, servicios sanitarios y duchas, módulo de gradas, un salón con bodega propia, un aula, pasillos y acceso a la parte trasera.
- Segundo nivel: tres salones; una con bodega propia, un aula, módulo de gradas, sala de espera, pasillos y dos accesos al aire libre para convivencia.

#### **2.4.3. Altura del edificio**

Debido a que las instalaciones se encuentran ubicadas en una zona cálida, se propone una altura de muros de 3.00 metros libres para mantener ambientes frescos y agradables a los usuarios.

#### **2.5. Normas de construcción**

Los materiales, el proceso de instalación y el diseño de los elementos estructurales deberán regirse por los reglamentos o normas que le sean aplicables como: ASTM, Código ACI, entre otras señaladas en las especificaciones.

### **2.5.1. Reglamento de emergencia de diseño sísmico de la República de El Salvador**

Este reglamento es el documento elaborado por un comité técnico bajo la supervisión del Ministerio de Obras Públicas de la República de El Salvador, el cual reemplaza a las “Regulaciones de Emergencia de Diseño Sísmico de la República de El Salvador” promulgada en 1989 y es parte de un documento más grande titulado “Regulaciones para la Seguridad Estructural de Construcciones en El Salvador” (Decreto del Reglamento de Emergencia de Diseño Sísmico de la República de El Salvador, 1989, p. 1).

### **2.5.2. Reglamento para la seguridad estructural de las construcciones**

“Este reglamento establece los requisitos mínimos para el diseño estructural, la ejecución, supervisión estructural y el uso de las construcciones (...)” (Decreto del Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones de El Salvador, 1996, p.2).

### **2.5.3. Instituto Americano de Concreto, ACI (American Concrete Institute)**

Fundado en 1904 y con sede en Farmington Hills, Michigan, el American Concrete Institute (ACI) es una autoridad y recurso líder a nivel mundial para el desarrollo, la difusión y la adopción de sus estándares basados en el consenso, recursos técnicos, programas educativos y de capacitación, programas de certificación. y experiencia comprobada para individuos y organizaciones involucradas en el diseño, la construcción y los materiales de concreto, que comparten el compromiso de buscar el mejor uso del concreto (American Concrete Institute, s.f., *American Concrete Institute*. Recuperado de: <https://www.concrete.org/publications/acistructuraljournal.aspx>).

#### **2.5.4. Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas, FHA**

Las operaciones de seguro de hipoteca del FHA tienen por objetivo ayudar en la solución del problema de la vivienda (...). Se requiere que las operaciones respondan a los sanos principios que se infieren de la ley que rija al FHA y para ello es necesario el cumplimiento de condiciones que garantizan un sólido respaldo de la inversión con el valor del inmueble, que el mismo sea una inversión satisfactoria para el comprador ofreciéndole seguridad y atractivo prolongado, y que sea adecuado a sus posibilidades (Federal Housing Administration, s.f., p. 6).

#### **2.5.5. Norma técnica para diseño de cimentaciones y estabilidad de taludes**

Esta Norma Técnica establece los requisitos mínimos para el diseño y construcción de cimentaciones y estabilidad de taludes y forma parte del “Reglamento para la seguridad Estructural de las Construcciones”.

La presente Norma Técnica regirá en todo lo concerniente a las propiedades de los suelos para cimentaciones y estabilidad de taludes, en aquellos casos en que exista discrepancia con los requisitos contenidos en otras disposiciones a las que se hace referencia en esta Norma Técnica (Ministerio de obras públicas, 1997, p. 1).

#### **2.6. Análisis estructural**

“El objetivo del análisis estructural consiste en calcular las fuerzas internas y las deflexiones en un punto cualquiera de una estructura” (Camba, J. Et al., 1982, p.4).

### **2.6.1. Selección del sistema estructural a usar**

Para la selección del sistema estructural a utilizar se deben tomar en cuenta cierto número de consideraciones estudiadas por separado de las cuales se pueden mencionar: funciones estructurales específicas de resistencia a la compresión, resistencia a la tensión; para cubrir claros horizontales, verticales o en voladizo, el o los materiales de los elementos, la forma y unión de los elementos, la forma de apoyo de la estructura, las condiciones específicas de carga, las consideraciones de usos impuestas, las propiedades de los materiales, procesos de producción y la necesidad de funciones especiales como desarmar o mover (Samayoa, 2006, p. 38).

- **Tipos de sistemas estructurales**
  - Muros estructurales
  - Sistemas de postes y vigas
  - Sistemas para cubrir claros planos
  - Sistema de arco, bóveda y cúpula
  - Sistema de marcos rígidos

El sistema de marcos rígidos es el que se utilizó para este proyecto, el cual transfiere flexión entre los miembros para mantener el sistema equilibrado.

### **2.6.2. Pre-dimensionamiento estructural**

En este proceso se le da medidas previas a los elementos que componen la estructura, utilizando métodos analíticos cortos según el procedimiento siguiente:

### 2.6.2.1. Pre-dimensionamiento de losas

Se calculó el peralte (t) de cada losa, se usa como variable las dimensiones de la superficie y el tipo de apoyos que tiene. En este caso todas las losas están apoyadas en los cuatro lados; se tienen varias medidas de losas, por tanto, se toma la crítica y el peralte resultante se usa en todas.

Se determinó la dirección de losa mediante la ecuación:

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

a = Lado corto

b = Lado largo

$m \leq 0.5$  Unidireccional

$m > 0.5$  Bidireccional

Ejemplo de cálculo de dirección de losa crítica:

$$m = \frac{3.85}{4.85} = 0.80 \quad \text{Bidireccional}$$

Debido a que la losa crítica es bidireccional se determinó el espesor de la losa, por medio del criterio del perímetro dado de la siguiente manera:

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180} = \frac{2 * (3.85 + 4.85)}{180} = 0.10 \text{ m}$$

Por condiciones de armado de losa se diseñaron con espesor  $t = 12 \text{ cm}$ .

### 2.6.2.2. Pre-dimensionamiento de vigas

El código ACI318S-8 presenta una tabla con valores mínimos de la altura de vigas según sus condiciones de apoyo. El ancho queda a criterio del diseñador, pero no debe ser mayor que el ancho de la columna, para este caso el ancho será la mitad de la altura de la viga.

**Tabla 1. Altura mínima de vigas no pre-esforzadas**

| Condiciones de apoyo     | Altura mínima, h |
|--------------------------|------------------|
| Simplemente apoyada      | L/16             |
| Con un extremo continuo  | L/18.5           |
| Ambos externos continuos | L/21             |
| En voladizo              | L/8              |

Fuente: ACI, 2008, p. 129.

La forma en que se calculó el peralte es el siguiente:

$$h = \frac{L}{18.5} \quad \text{o} \quad h = L * 0.08$$

Para la base se asume que  $h = 2b$ :

$$b = \frac{h}{2}$$

El peralte efectivo es:

$$d = h - \text{rec}$$

Donde:

d = Peralte efectivo

rec = Recubrimiento mínimo = 4 cm

Considerando la relación  $0.65 \geq b/d \geq 0.25$

Este pre-dimensionamiento se realizó en ambos sentidos, X y Y, utilizando datos de la viga crítica para ambos sentidos:

| Sentido X                               | Sentido Y                               |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| $h_{viga} = L/18.5$                     | $h_{viga} = L/18.5$                     |
| $h_{viga} = 3.85/18.5 = 0.21 \text{ m}$ | $h_{viga} = 4.85/18.5 = 0.26 \text{ m}$ |
| $h_{viga} = 0.30 \text{ m}$             | $h_{viga} = 0.30 \text{ m}$             |
| $b = 0.15 \text{ m}$                    | $b = 0.15 \text{ m}$                    |

#### Sección propuesta

$$h = 0.30 \text{ m}$$

$$b = 0.15 \text{ m}$$

$$d = 0.30 \text{ m} - 0.03 \text{ m} = 0.27 \text{ m}$$

Según la relación:

$$0.65 \geq b/d \geq 0.25 \quad \frac{b}{d} = \frac{0.15}{0.27} = 0.56 \quad \text{Chequean las dimensiones}$$

#### 2.6.2.3. Pre-dimensionamiento de columnas

El método que se utiliza para el pre-dimensionamiento de columnas, calcula la sección y se basa en la carga aplicada a esta. Para guardar simetría en las

dimensiones de la columna se debe tomar la columna crítica, por medio de la ecuación 10-2 de código ACI, teniendo este valor se procede a proponer las medidas de la sección, para cumplir el área requerida.

“Las dimensiones de la columna crítica se utilizarán en todas las columnas para continuar con la simetría del diseño y evitar diferentes rigideces de un marco a otro, así como entre niveles” (ACI, 2008, p. 141).

El código no provee directamente un área de sección transversal mínima de la columna, pero para proveer el recubrimiento necesario fuera de estribos o espirales y para proveer la separación necesaria entre varillas longitudinales de una cara de la columna a la otra, es obvio que son necesarios diámetros o anchos mínimos de aproximadamente de 8 a 10 pulg (Mc Cormac, 2013, p. 264).

Mediante la siguiente ecuación se calcula la sección de la columna:

$$P = 0.85 * (0.85 * f'_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s)$$

Donde:

P = Carga aplicada al elemento en kg/m

$f'_c$  = Resistencia de compresión del concreto en kg/cm<sup>2</sup>

$A_g$  = Área total de la sección en cm<sup>2</sup>

$f_y$  = Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo en kg/cm<sup>2</sup>

Atrib = Área tributaria en m<sup>2</sup>

$\gamma_c$  = Peso específico del concreto en kg/m<sup>3</sup>

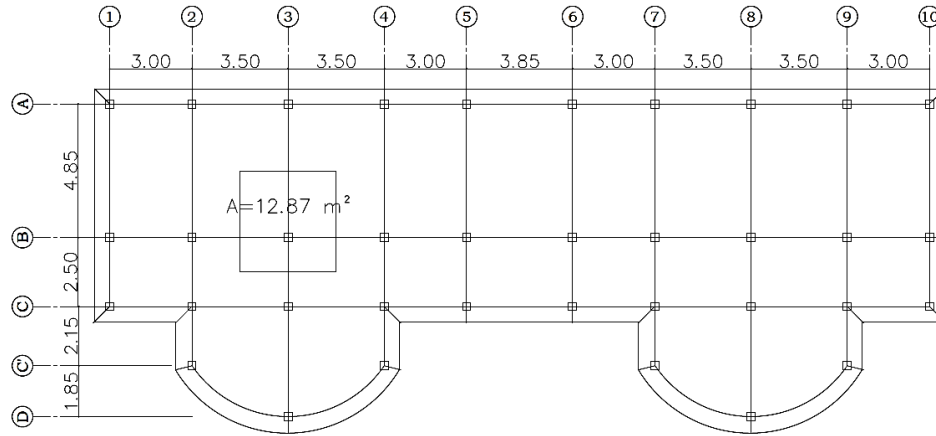
$A_s$  = Área de acero de refuerzo

1 %  $A_g$  = Área mínima

6 %  $A_g$  = Si sísmica

8 %  $A_g$  = No sísmica

**Figura 2. Área tributaria de columna crítica, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

El área tributaria que la columna crítica soporta es de  $A_{trib} = 12.87\text{m}^2$ .

Considerando:

$$A_s = 1\% \text{ de } A_g$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{trib} = 12.87\text{m}^2$$

$$t_{losa} = 0.12\text{m}$$

$$Y_c = 2,400\text{kg/m}^3$$

$$P = A_{trib} * Y_c * t_{losa}$$

$$P = 12.87 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3 * 0.12 \text{ m} = 3,706.56 \text{ kg}$$

Despejando  $A_g$  se obtiene:

$$3,706.56 = 0.85 * (0.85 * 281 * (A_g - 0.01A_g) + 4,200 * 0.01A_g)$$

$$A_g = \frac{3706.56}{0.85 * (0.85 * 281 * 0.99 + 4,200 * 0.01)} = 15.66 \text{ cm}^2$$

Con una sección  $A_g$  de una columna cuadrada se procede a determinar la sección de la columna donde  $l$  es el lado de la columna.

$$l = \sqrt{A_g} = \sqrt{15.66} = 3.96 \text{ cm}$$

$A_g = 15.66 \text{ cm}^2$  para una sección cuadrada de 4 cm no cumple con la recomendación del ACI por lo cual se propone una columna de  $A_g = 40\text{cm} * 40\text{cm}$ .

Para determinar el área de acero de la columna es necesario determinar un valor que esté dentro de los siguientes parámetros:

$$A_s \text{ min} = 1\% * A_g = 0.01 * 40 * 40 = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ máximo} = 6\% * A_g = 0.06 * 40 * 40 = 96 \text{ cm}^2$$

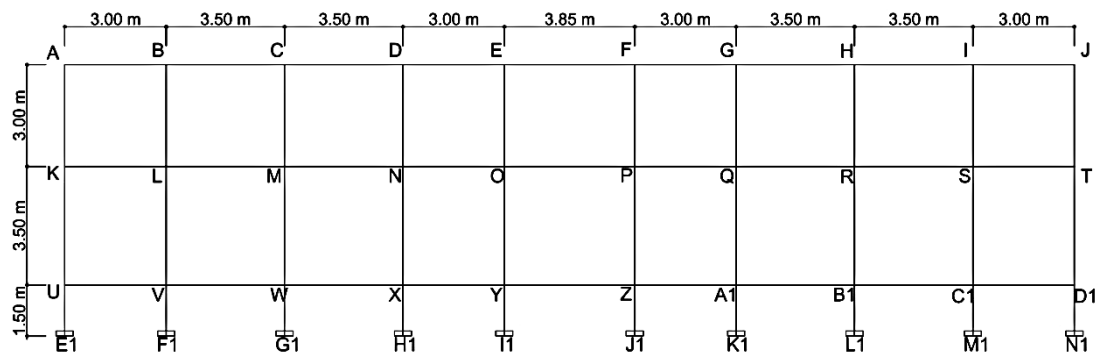
Se propone utilizar 8 varillas # 10, las cuales hacen un total de  $63.52 \text{ cm}^2$ .

### **2.6.3. Modelos matemáticos para marcos rígidos**

“El modelo matemático de un marco rígido, es una gráfica que representa la forma y manera que actúan las cargas en el marco y sirve para hacer el análisis estructural del mismo” (Siguí, 2008, p.25).

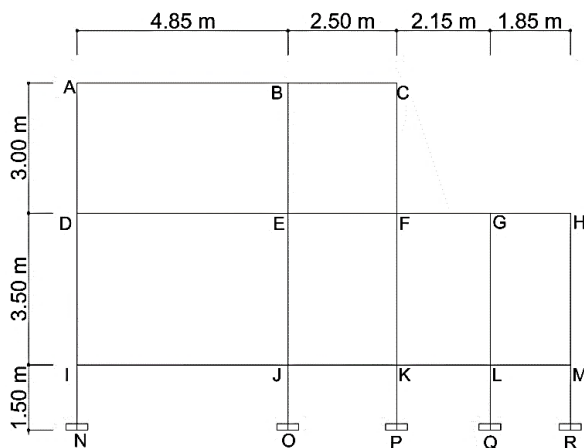
En este caso, para mostrar la tipología de la estructura, se analizaron los marcos críticos en los sentidos X y Y, ver ilustraciones 3 y 4.

**Figura 3. Marco rígido sentido X, elevación de marco, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

**Figura 4. Marco rígido sentido Y elevación de marco, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

#### 2.6.4. Cargas de diseño

La tarea más importante y difícil de las estructuras es la estimación precisa de las cargas que pueden aplicarse durante su periodo de vida útil. Una vez estimadas las cargas, el siguiente problema consiste en determinar cuál será la

peor combinación de estas que pueda ocurrir en un momento dado (Mc Cormac, 2013, p. 28).

Dependiendo de la aplicación de las cargas estas se clasifican en: cargas verticales y cargas laterales.

#### **2.6.4.1. Cargas verticales**

Fuerzas que resultan del peso de todos los elementos de construcción, del peso y actividad de sus ocupantes y del peso de equipamiento.

##### **2.6.4.1.1. Carga viva**

Consiste principalmente en carga de ocupación en edificios. Esta puede estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y puede cambiar su ubicación. Su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado (Mc Cormac, 2013, p. 28).

En la siguiente tabla se muestran los valores mínimos de carga viva para diferentes tipos de ocupación o uso de las Normativas para el Diseño de Elementos y Estructuras de Concreto en El Salvador.

**Tabla 2. Cargas vivas unitarias mínimas**

| Tipo de ocupación o uso                      | Wv (kg/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------------------|-------------------------|
| Vivienda                                     | 200                     |
| Oficina                                      | 250                     |
| Hospitales - encamamiento y habitaciones     | 200                     |
| Hospitales - servicios médicos y laboratorio | 350                     |

Continuación de tabla 2.

|                                              |                         |
|----------------------------------------------|-------------------------|
| Vivienda                                     | 200                     |
| Oficina                                      | 250                     |
| Hospitales - encamamiento y habitaciones     | 200                     |
| Hospitales - servicios médicos y laboratorio | 350                     |
| Hoteles - alas de habitaciones               | 200                     |
| Hoteles - servicios y áreas públicas         | 500                     |
| Escaleras privadas                           | 300                     |
| Escaleras públicas o de escape               | 500                     |
| Balcones, cornisas y marquesinas             | 300                     |
| Áreas de salida y/o escape                   | 500                     |
| Vestíbulos públicos                          | 500                     |
| Plazas y áreas públicas a nivel de calle     | 500                     |
| Salones de reunión                           |                         |
| Con asientos fijos                           | 300                     |
| Sin asientos fijos                           | 500                     |
| Escenarios y circulaciones                   | 500                     |
| Instalaciones deportivas públicas            |                         |
| Zonas de circulación                         | 500                     |
| Zonas de asientos                            | 400                     |
| Canchas deportivas                           | ver nota <sup>(a)</sup> |
| Aulas y escuelas                             | 200                     |
| Bibliotecas                                  |                         |
| Áreas de lectura                             | 200                     |
| Depósitos de libros                          | 600                     |
| Almacenes                                    |                         |
| Minoristas                                   | 350                     |
| Mayoristas                                   | 500                     |

Continuación de tabla 2.

|                                                                                                                   |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Estacionamientos y garajes                                                                                        |                 |
| Automóviles                                                                                                       | 250             |
| Vehículos pesados                                                                                                 | Según vehículos |
| Rampas de uso colectivo                                                                                           | 750             |
| Corredores de circulación                                                                                         | 500             |
| Servicios y reparación                                                                                            | 500             |
| Bodegas                                                                                                           |                 |
| Cargas livianas                                                                                                   | 600             |
| Cargas pesadas                                                                                                    | 1200            |
| Fábricas                                                                                                          |                 |
| Cargas livianas                                                                                                   | 400             |
| Cargas pesadas                                                                                                    | 600             |
| Cubiertas pesadas                                                                                                 |                 |
| Azoteas de concreto con acceso                                                                                    | 200             |
| Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas                                                                        | 100             |
| Azoteas inclinadas más de 20°                                                                                     | 75(b)           |
| Cubiertas livianas                                                                                                |                 |
| Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final) | 50(b)           |
| Notas: (a) carga depende del tipo de cancha<br>(b) sobre proyección horizontal                                    |                 |

Fuente: Ministerio de Obras Públicas de El Salvador, 1996, p. 9.

#### 2.6.4.1.2. Carga muerta

Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen en un mismo lugar. Incluyen el peso propio de la estructura en estudio, así como también cualesquiera elementos que están permanentemente unidos a ella. En un edificio con estructura de concreto reforzado, algunas de las cargas muertas son los marcos, muros, pisos, cielos rasos, escaleras, techos y plomería (Mc Cormac, 2013, p. 28).

En la tabla 3 se dan los pesos aproximados de algunos materiales comunes que se usan en pisos, muros, techos, etcétera.

**Tabla 3. Pesos de algunos materiales de construcción comunes**

|                                                         |                        |
|---------------------------------------------------------|------------------------|
| Concreto reforzado; 12 pulg                             | 733 kg/cm <sup>2</sup> |
| Piso doble de madera, 2 × 12 @ 16 pulg                  | 35 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Loseta acústica para plafones                           | 5 kg/cm <sup>2</sup>   |
| Loseta de linóleo o asfalto                             | 5 kg/cm <sup>2</sup>   |
| Cielo raso suspendido                                   | 10 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Piso de madera dura (78pulg)                            | 20 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Yeso sobre concreto                                     | 25 kg/cm <sup>2</sup>  |
| 1 pulgada de cemento sobre relleno de concreto de grava | 157 kg/cm <sup>2</sup> |
| Baldosas de asfalto                                     | 10 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Techo de madera contrachapada (3 lechos)                | 5 kg/cm <sup>2</sup>   |
| Particiones de acero movibles                           | 20 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Pies derechos de madera con ½ pulg de yeso              | 40 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Margen para ductos mecánicos                            | 20 kg/cm <sup>2</sup>  |
| Hiladas de ladrillo de arcilla de 4 pulg                | 190 kg/cm <sup>2</sup> |

Fuente: Mc Cormac, 2013, p. 28.

#### **2.6.4.2. Cargas laterales**

Las cargas laterales que afectan a la edificación son las cargas de viento y las cargas de sismo.

Para un cálculo más exacto de las cargas laterales en la estructura, se tomaron en cuenta las cargas sísmicas, basadas en el código sísmico de El Salvador.

#### **2.6.5. Cargas verticales en marcos rígidos**

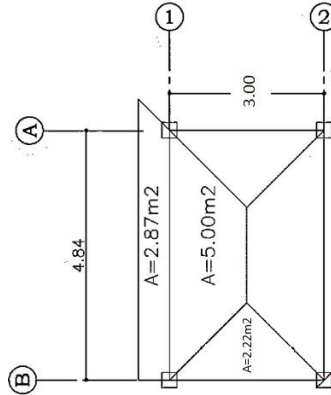
Las cargas linealmente distribuidas que se utilizan para realizar el análisis estructural, se calcularon tomando en cuenta los datos anteriores; la geometría de la planta y siguiendo el procedimiento siguiente:

##### **2.6.5.1. Cargas muertas de diseño**

Las cargas muertas de diseño, CM, que se utilizaron en la edificación son las siguientes:

- Peso del concreto 2 400 kg/m<sup>3</sup>
- Peso de acabados 70 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de losa (12 cm de espesor) 312 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de ductos (electricidad) 60 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de muros 750 kg/m<sup>2</sup>

**Figura 5. Áreas tributarias de eje 1 y A-B, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

Las cargas muertas de cada nivel quedan de la siguiente manera:

- Nivel 0

Este nivel se creó para asegurar la estructura y que el período de oscilación se reduzca, en él solo se aplicaron cargas de las vigas y muros, sin acabados y no soporta losas.

$$CM = W_{viga} + W_{muros}$$

$$W_{viga} = 0.03 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3 * \frac{4.85}{4.85} = 64.80 \text{ kg/m}$$

$$W_{muros} = 750 \text{ kg/m}$$

$$CM = 814.80 \text{ kg/m}$$

- Nivel 1

$$CM = W_{losa} + W_{viga} + W_{acabados} + W_{sobrecarga} + W_{muros}$$

$$W_{losa} = \frac{288 \text{ kg/m}^2 * 7.87 \text{ m}^2}{4.85 \text{ m}} = 467.33 \text{ kg/m}$$

$$W_{viga} = 0.03 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3 * \frac{4.85}{4.85} = 64.80 \text{ kg/m}$$

$$W_{acabados} = \frac{70 \text{ kg/m}^2 * 7.87 \text{ m}^2}{4.85 \text{ m}} = 113.59 \text{ kg/m}$$

$$W_{sobrecarga} = \frac{(60 \text{ kg/m}^2 + 20 \text{ kg/m}^2) * 7.87 \text{ m}^2}{4.85 \text{ m}} = 129.81 \text{ kg/m}$$

$$W_{muros} = 750 \text{ kg/m}$$

$$CM = 1,525.53 \text{ kg/m}$$

- Nivel 2

$$CM = W_{losa} + W_{viga} + W_{acabados} + W_{sobrecarga}$$

$$W_{losa} = \frac{288 \text{ kg/m}^2 * 7.87 \text{ m}^2}{4.85 \text{ m}} = 467.33 \text{ kg/m}$$

$$W_{viga} = 0.03 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3 * \frac{4.85 \text{ m}}{4.85 \text{ m}} = 64.80 \text{ kg/m}$$

$$W_{acabados} = \frac{70 \text{ kg/m}^2 * 7.87 \text{ m}^2}{4.85 \text{ m}} = 113.59 \text{ kg/m}$$

$$W_{sobrecarga} = \frac{(60 \text{ kg/m}^2 + 20 \text{ kg/m}^2) * 7.87 \text{ m}^2}{4.85 \text{ m}} = 129.81 \text{ kg/m}$$

$$CM = 775.53 \text{ kg/m}$$

### 2.6.5.2. Cargas vivas de diseño

A continuación, las cargas vivas de diseño, CV, que se utilizaron en la edificación según Normativas para el diseño de elementos y estructuras de concreto en El Salvador:

- En áreas de lectura 200 kg/m<sup>2</sup>
- En plazas/ áreas públicas 500 kg/m<sup>2</sup>
- En techo inaccesible 100 kg/m<sup>2</sup>
- Carga de pasillos 500 kg/m<sup>2</sup>
- En pasillos 500 kg/m<sup>2</sup>
- En techo inaccesible 100 kg/m<sup>2</sup>
- En salón de baile 500 kg/m<sup>2</sup>

Se determinó el cálculo de las cargas vivas en cada nivel

- Nivel 0

En este nivel no hay cargas vivas debido a que no existe losa por lo tanto no hay acceso.

- Nivel 1

$$CV = \frac{\text{Carga en plazas} * \text{área tributaria}}{\text{Longitud de viga}} = \frac{500 \text{ kg/m}^2 * 7.87 \text{ m}^2}{4.85 \text{ m}}$$

$$CV = 811.34 \text{ kg/m}$$

- Nivel 2

$$CV = \frac{C_{\text{techo inaccesible}} * \text{área tributaria}}{\text{Longitud de viga}} = \frac{100 \text{ kg/m}^2 * 7.87 \text{ m}^2}{4.85 \text{ m}}$$

$$CV = 162.27 \text{ kg/m}$$

### 2.6.5.3. Carga última de diseño

La carga última de diseño, CU, (...) “consiste en aumentar las cargas estimadas aplicadas a las estructuras con en factores de carga (...). Las cargas se aumentan para considerar las incertidumbres involucradas al estimar sus magnitudes” (Mc Cormac, 2013, p. 79).

Para el diseño de la carga última de esta estructura se utilizaron los requisitos que el International Building Code (IBC) y el estándar 7 de ASCE.

$$CU = 1.2 \text{ CM} + 1.6 \text{ CV}$$

- Nivel 0

$$CU = 1.2 * \text{CM} = 1.2 * 814.80 \text{ kg/m} = 977.76 \text{ kg/m}$$

- Nivel 1

$$CU = 1.2 * \text{CM} + 1.6 * \text{CV}$$

$$CU = 1.2 * 1525.53 \text{ kg/m} + 1.6 * 811.34 \text{ kg/m} = 3,128.79 \text{ kg/m}$$

- Nivel 2

$$CU = 1.2 * \text{CM} + 1.6 * \text{CV}$$

$$CU = 1.2 * 775.53 \text{ kg/m} + 1.6 * 162.27 \text{ kg/m} = 1,190.27 \text{ kg/m}$$

Este procedimiento se realizó de la misma manera en los marcos críticos.

**Figura 6. Cargas en marco Y, centro de capacitación**

**Marco sentido Y  
eje 4-4 y eje 7-7**

|                                   |                |                |                |                |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Carga viva (kg/m)                 | 214.43         | 123.20         |                |                |
| Carga muerta (kg/m)               | 1004.02        | 604.42         |                |                |
| <b>Carga última (kg/m)</b>        | <b>1547.91</b> | <b>922.42</b>  |                |                |
| Longitud (m)                      | 4.85           | 2.50           | 2.15           | 1.85           |
| Área tributaria (m <sup>2</sup> ) | 10.40          | 3.08           | 2.97           | 6.24           |
| Carga viva (kg/m)                 | 1072.16        | 616.00         | 690.70         | 1686.49        |
| Carga muerta (kg/m)               | 1754.02        | 604.42         | 1419.85        | 2891.35        |
| <b>Carga última (kg/m)</b>        | <b>3820.28</b> | <b>1710.90</b> | <b>2808.94</b> | <b>6168.00</b> |
| Carga muerta (kg/m)               | 814.80         | 814.80         | 814.80         | 814.80         |
| <b>Carga última (kg/m)</b>        | <b>977.76</b>  | <b>977.76</b>  | <b>977.76</b>  | <b>977.76</b>  |
|                                   | A              | B              | C              | C' D           |

Fuente: elaboración propia

Figura 7. Cargas en marco X, centro de capacitación

|                      |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Carga Viva (kg/m)    | 130.33  | 166.57  | 166.57  | 124.67  | 142.86  | 124.67  | 166.57  | 166.57  | 130.33  |
| Carga Muerta (kg/m)  | 635.66  | 794.38  | 794.38  | 610.84  | 690.51  | 610.84  | 794.38  | 794.38  | 635.66  |
| Carga Última (kg/m)  | 971.33  | 1219.77 | 1219.77 | 932.47  | 1057.19 | 932.47  | 1219.77 | 1219.77 | 971.33  |
| Longitud (m)         | 3.00    | 3.50    | 3.50    | 3.00    | 3.85    | 3.00    | 3.50    | 3.50    | 3.00    |
| Área Tributaria (m2) | 3.91    | 5.83    | 5.83    | 3.74    | 5.50    | 3.74    | 5.83    | 5.83    | 3.91    |
| Carga Viva (kg/m)    | 651.67  | 832.86  | 832.86  | 623.33  | 714.29  | 623.33  | 832.86  | 832.86  | 651.67  |
| Carga Muerta (kg/m)  | 1385.66 | 1544.38 | 794.38  | 985.84  | 1065.51 | 985.84  | 794.38  | 1544.38 | 1385.66 |
| Carga Última (kg/m)  | 2705.46 | 3185.83 | 2285.83 | 2180.34 | 2421.47 | 2180.34 | 2285.83 | 3185.83 | 2705.46 |
| Carga Muerta (kg/m)  | 814.80  | 814.80  | 814.80  | 814.80  | 814.80  | 814.80  | 814.80  | 814.80  | 814.80  |
| Carga Última (kg/m)  | 977.76  | 977.76  | 977.76  | 977.76  | 977.76  | 977.76  | 977.76  | 977.76  | 977.76  |
|                      | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
|                      |         |         |         |         |         |         |         |         | 10      |

Fuente: elaboración propia

### **2.6.6. Cargas laterales en marcos rígidos**

Las fuerzas laterales a las que se encuentra expuesto comúnmente un edificio son: de viento y de sismo. En el análisis estructural regularmente se considera una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Para este caso, se diseñó el edificio para soportar fuerzas sísmicas, utilizando el método SEAOC -Asociación de Ingenieros Estructurales de California- adaptado a la norma técnica para diseño por sismos de El Salvador, ya que es un país con alto riesgo sísmico.

#### **2.6.6.1. Fuerzas sísmicas**

Las fuerzas sísmicas se determinaron con el método de SEAOC, cuyo procedimiento se describe de la siguiente manera:

#### **2.6.6.2. Método SEAOC**

Este método está adaptado a las condiciones de El Salvador, elaborado por un comité técnico que reemplaza a las regulaciones de emergencia de diseño sísmico de dicho país.

- Corte basal

Es un corte estático equivalente, la fórmula para obtener la fuerza horizontal total o corte basal (V) es:

$$V = C_s * W$$

Donde:

$$C_s = \text{Coeficiente sísmico} = \left( \frac{A I C_o}{R} \right) * \left( \frac{T_o}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$T_o$  = Clasificador de sitio

$$T = \text{Período de oscilación} = 0.12 * \frac{H}{B^{1/2}}$$

$H$  = Altura del edificio (m)

$B$  = Base del edificio a rostros exteriores (m)

$C_o$  = Coeficiente de sitio

$A$  = Zonificación sísmica

$I$  = Factor de calidad

$R$  = Sistema estructural básico

$W$  = Peso total del edificio

Las definiciones de sitio y coeficientes asociados se dan en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Coeficientes de sitio**

| <b>Coeficientes de sitio</b> |                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |                         |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Tipo</b>                  | <b>Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                    | <b><math>C_0</math></b> | <b><math>T_0</math></b> |
| <b>S1</b>                    | Un perfil de suelo con:<br><br>a) Un material similar a la roca caracterizado por una velocidad de onda de sismo-resistencia mayor de 500 m/s,<br><br>o<br><br>(b) Condición de suelo rígido o denso donde la profundidad del suelo es menor de 30 m. | 2.5                     | 0.3                     |

Continuación de tabla 4.

|           |                                                                                                                                                                                                                                            |      |     |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|
| <b>S2</b> | Un perfil de suelo con:<br>(a) Condiciones de suelo rígido o denso, donde la profundidad del suelo excede 30 m,<br>o<br>(b) Condiciones de suelo rígido, muy rígido o medianamente denso, donde la profundidad del suelo es menor de 30 m. | 2.75 | 0.5 |
| <b>S3</b> | Un perfil de suelo que contiene de 4 a 12 m de espesor o arcillas suaves a medianamente rígidas con o sin capas intermedias de suelos no cohesivos                                                                                         | 3.0  | 0.6 |
| <b>S4</b> | Un perfil de suelo, caracterizado por una velocidad de onda de sismo-resistencia menor de 150 m/s, que contiene más de 12 m de arcilla suave o suelo no cohesivo.                                                                          | 3.0  | 0.9 |

Fuente: Ministerio de Obras Públicas de El Salvador, 1994, p. 3.

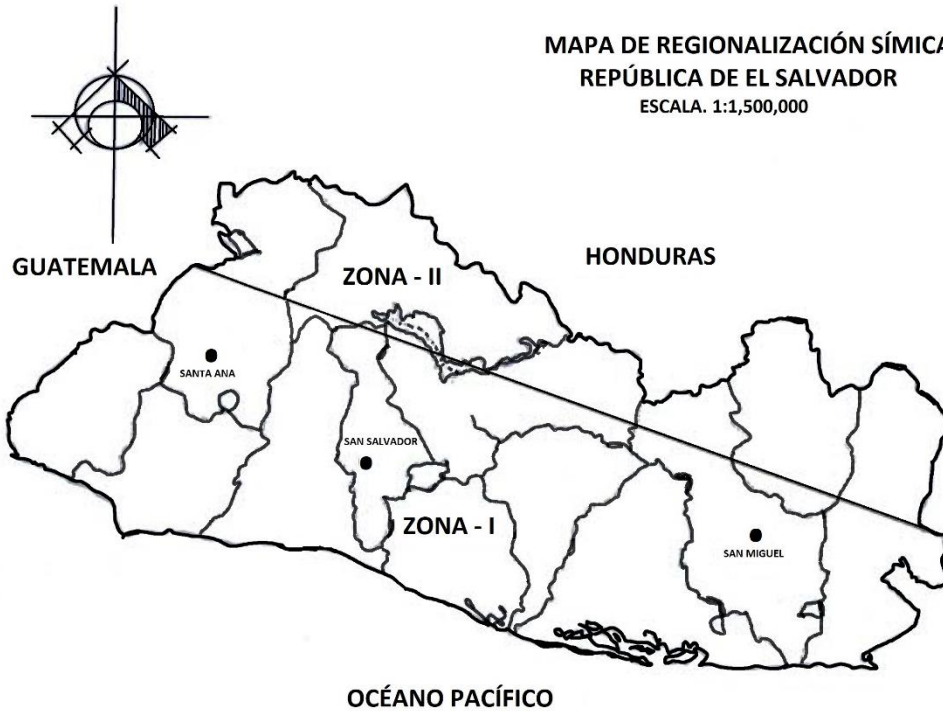
Por las condiciones del suelo disponible se determinó que es tipo S3, por lo tanto:

$$C_o = 3$$

$$T_o = 0.6$$

La zonificación sísmica de El Salvador se clasifica en 2 zonas, como lo indica la figura 8.

**Figura 8. Mapa de regionalización sísmica Republica de El Salvador**



Fuente: Ministerio de Obras Públicas de El Salvador, 1994, p. 2.

Candelaria de la Frontera se encuentra en la zona sísmica I por lo que el valor de la zonificación sísmica es:

$$A = 0.40$$

El factor de calidad de sistemas que identifica el nivel aceptable de la estructura se determina mediante tres categorías

I Facilidades esenciales y de alto riesgo ( $I = 1.5$ );

II Estructuras de ocupación especial ( $I = 1.2$ );

III Estructuras de ocupación normal ( $I = 1.0$ ) que incluyen lo siguiente:

**Tabla 5. Categorías de ocupación**

| <b>Categorías de ocupación</b> |                                                | <b>Tipo o función de estructura de ocupación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>I</b>                       | <b>Facilidades esenciales y de alto riesgo</b> | Hospitales y otras facilidades médicas que tienen áreas de cirugía y tratamientos de emergencia; estaciones de bomberos y policía; tanques u otras estructuras que contienen, alojan o sostienen agua u otros materiales para combatir fuegos o equipo requerido para la protección de facilidades esenciales o de alto riesgo, o estructuras de ocupación especial; garajes o albergues para vehículos de emergencia y equipo; estructuras y equipo en centros de preparación para emergencias; equipo generador de energía en espera para facilidades esenciales; estructuras y equipo en centros de comunicación y otras facilidades requeridas para respuesta a emergencias; alojamiento de estructuras, que sostienen o contienen cantidades suficientes de sustancias tóxicas o explosivas que son peligrosas para la seguridad del público general si se liberan. |
| <b>II</b>                      | <b>Estructuras de ocupación especial</b>       | Estructuras cubiertas cuya ocupación primaria es asamblea pública — capacidad para más de 200 personas o más de 3000 m <sup>2</sup> ; los edificios para escuelas (hasta secundaria) o centros de cuidado durante el día — capacidad para más de 200 estudiantes; edificios para colegios o escuelas de educación para adultos — capacidad para más de                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Continuación de tabla 5.

|            |                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |                                        | 200 estudiantes; facilidades médicas no incluidas anteriormente; edificaciones de más de 4 pisos o más de 1000 m <sup>2</sup> por piso; museos; monumentos; terminales de transporte; todas las estructuras con ocupación de más de 2000 personas; estructuras que albergan equipo muy costoso; bodegas de más de 10 m en altura o 500 m <sup>2</sup> por piso. |
| <b>III</b> | <b>Estructuras de ocupación normal</b> | Todas las estructuras que tienen ocupaciones o funciones no listadas anteriormente.                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Fuente: Ministerio de Obras Públicas de El Salvador, 1994, p. 4.

El centro de capacitación tiene una categoría II

$I = 1.20$

Para el sistema estructural básico se definen cinco sistemas y un valor  $R$  se asigna a cada uno. Este valor  $R$  es un factor de calidad de sistema que identifica el nivel aceptable de demanda de deformación inelástica. También se asignan a cada sistema, limitaciones de altura  $H$  y factores de desvío  $C_d$ . La diferencia en los valores de  $R$  y  $C_d$  refleja la presencia de sobre resistencia en los diferentes sistemas.

**Tabla 6. Sistemas estructurales**

| <b>Sistema estructural básico</b>                                                                                   | <b>Sistema de resistencia de fuerza lateral-descripción</b>      | <b>Cd</b> | <b>R</b> | <b>H</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------|----------|----------|
| <b>A. Marco de resistencia de momento</b>                                                                           | -Marcos de resistencia de momento especiales de acero (SMRF)     | 8         | 12       | -        |
|                                                                                                                     | -Marcos de resistencia de momento intermedios de concreto (IMRF) | 5         | 5        | 15       |
|                                                                                                                     | -Marcos de resistencia de momento ordinarios de acero (OMRF)     | 6         | 7        | 30       |
| <b>B. Marco de construcción</b>                                                                                     | -Muros sismo-resistentes                                         |           |          |          |
|                                                                                                                     | a. Concreto                                                      | 7         | 8        | 50       |
|                                                                                                                     | b. Mampostería                                                   | 6         | 7        | 35       |
|                                                                                                                     | -Marcos reforzados (acero)                                       |           |          |          |
|                                                                                                                     | a. Reforzados excéntricamente (EBF)                              | 6         | 10       | 50       |
| <b>C. Doble, los marcos de resistencia de momento serán diseñados para resistir independientemente un mínimo de</b> | b. Reforzados concéntricamente (CBF)                             | 7         | 8        | 50       |
|                                                                                                                     | -Muros sismo-resistentes (concreto)                              |           |          |          |
|                                                                                                                     | a. Con SMRF (acero o concreto)                                   | 9         | 12       | -        |
|                                                                                                                     | b. Con IMRF (concreto) o con OMRF (acero)                        | 7         | 8        | -        |
|                                                                                                                     | -Muros sismo-resistentes (mampostería)                           |           |          |          |
|                                                                                                                     | a. Con SMRF (acero o concreto)                                   | 6         | 7        | 50       |
|                                                                                                                     | b. Con IMRF (concreto) o con OMRF (acero)                        | 5         | 6        | 30       |
|                                                                                                                     | -Marcos reforzados                                               |           |          |          |

Continuación de tabla 6.

|                                         |                                    |   |    |    |
|-----------------------------------------|------------------------------------|---|----|----|
| <b>25% de la sismo-resistencia base</b> | a. EBF con SMRF (acero o concreto) | 6 | 12 | -  |
|                                         | b. CBF con SMRF (acero o concreto) | 7 | 10 | -  |
| <b>D. Muro de carga</b>                 | Muros sismo-resistentes            |   |    |    |
|                                         | a. Concreto                        | 6 | 7  | 35 |
|                                         | b. Mampostería                     | 5 | 6  | 25 |
|                                         | marcos reforzados de acero         | 5 | 6  | 50 |
| <b>E. Indefinido</b>                    | Péndulo invertido                  | 3 | 3  |    |
|                                         | Masa distribuida                   | 4 | 4  |    |

Fuente: Ministerio de Obras Públicas de El Salvador, 1994, p. 5.

El sistema estructural básico es de clasificación B de la tabla anterior por lo que R tomó el valor de:

$$R = 8.00$$

Determinando el periodo de oscilación de la edificación que se tiene una base igual a B = 30m y una altura de H = 7.20m.

$$T = 0.12 * \frac{8.00}{30^{1/2}} = 0.18 \text{ seg}$$

Con los datos anteriores se calculó el coeficiente sísmico.

$$C_s = \left( \frac{0.40 * 1.20 * 3}{8} \right) * \left( \frac{0.60}{0.18} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.41$$

Para determinar el corte básico es necesario conocer el peso total de la edificación. Tomando en cuenta la carga última de diseño de los marcos críticos se tienen los datos siguientes:

| Eje X                        |            |
|------------------------------|------------|
| $W_{nivel0} (CM + 0.25CV) =$ | 72.94 Ton  |
| $W_{nivel1} (CM + 0.25CV) =$ | 138.76 Ton |
| $W_{nivel2} (CM + 0.25CV) =$ | 67.27 Ton  |

| Eje Y                        |           |
|------------------------------|-----------|
| $W_{nivel0} (CM + 0.25CV) =$ | 39.72 Ton |
| $W_{nivel1} (CM + 0.25CV) =$ | 82.19 Ton |
| $W_{nivel2} (CM + 0.25CV) =$ | 32.66 Ton |

$$L_{columnasnivel0} = 1.50 \text{ m}$$

$$L_{columnasnivel1} = 3.50 \text{ m}$$

$$L_{columnasnivel2} = 3.00 \text{ m}$$

$$\text{No. col. nivel0} = 36$$

$$\text{No. col. 1er nivel} = 36$$

$$\text{No. col. 2do nivel} = 30$$

$$W_{columnasnivel0} = 129.60 \text{ Ton}$$

$$W_{columnasnivel1} = 302.40 \text{ Ton}$$

$$W_{columnasnivel2} = 216.00 \text{ Ton}$$

$$W_{nivel0} = 242.29 \text{ Ton}$$

$$W_{nivel1} = 523.35 \text{ Ton}$$

$$W_{nivel2} = 315.93 \text{ Ton}$$

$$W_{total} = 1,081.56 \text{ Ton}$$

Por lo tanto, el corte basal es

$$V = 0.41 * 1,081.56 = 442.20 \text{ Ton}$$

- Fuerza por nivel

Se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$F_{ni} = \frac{(V - F_t) * W * H_i}{\sum (W_i * H_i)}$$

Donde:

$F_{ni}$  = Fuerza por nivel

$V$  = Corte basal

$F_t$  = Fuerza de techo, cuando  $T$  (periodo natural de la vibración) es menor que 0.25,  $F_t = 0$ ; cuando  $T \geq 0.25$ ,  $F_t = (0.07) (T)(V)$

$W$  = Peso propio de la estructura más 25% de la carga viva

$W_i$  = Peso propio de la estructura más 25% de la carga viva por nivel

$H_i$  = Altura, medida desde la cimentación al nivel considerado

**Tabla 7. Fuerzas por nivel**

|               |                |
|---------------|----------------|
| $V$           | 442.20 Ton     |
| $W_0$         | 129.60 Ton     |
| $H_0$         | 1.50 m         |
| $W_1$         | 523.35 Ton     |
| $H_1$         | 5.00 m         |
| $W_2$         | 315.93 Ton     |
| $H_2$         | 8.00 m         |
| $W_0H_0$      | 194.40 Ton.m   |
| $W_1H_1$      | 2,616.74 Ton.m |
| $W_2H_2$      | 2,527.42 Ton.m |
| $\sum W_iH_i$ | 5,338.57 Ton.m |

Fuente: elaboración propia.

- Fuerza de segundo nivel

$$F_2 = \frac{(442.20 - 0) * 2,616.74}{5,338.57} = 209.35 \text{ Ton}$$

- Fuerza de primer nivel

$$F_1 = \frac{(442.20 - 0) * 2,616.74}{5,338.57} = 216.75 \text{ Ton}$$

- Fuerza de nivel cero

$$F_0 = \frac{(442.20 - 0) * 2,616.74}{5,338.57} = 16.10 \text{ Ton}$$

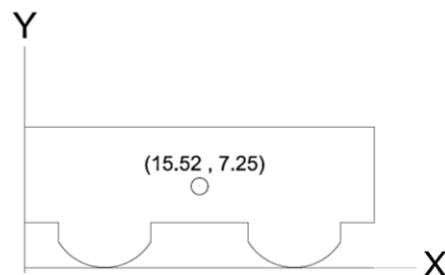
- Centro de masa del edificio

Se calcula por medio de la ecuación de centro de masa, pero en este caso se determinó el centro por medio de Auto CAD versión 2015.

$$X = 15.52 \text{ m}$$

$$Y = 7.25 \text{ m}$$

**Figura 9. Centro de masa del centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

- Centro de rigidez (CR)

Para su cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$CR = \frac{\sum(km * Li)}{\sum Kmi}$$

Donde:

kmi = Rigidez del marco por el número de columnas

Li = Longitud

CR = Centro de rigidez

Se determina el centro de rigidez por marco

Eje X

**Tabla 8. Rigidez por marco en el eje X, centro de capacitación**

| Marco | No. columnas | kc (columna) | km (marco) | longitud (m) | km*I  |
|-------|--------------|--------------|------------|--------------|-------|
| 1     | 3            | k            | 3 k        | 0            | 0     |
| 2     | 4            | k            | 4 k        | 3.00         | 12    |
| 3     | 4            | k            | 4 k        | 6.50         | 26    |
| 4     | 4            | k            | 4 k        | 10.00        | 40    |
| 5     | 3            | k            | 3 k        | 13.00        | 39    |
| 6     | 3            | k            | 3 k        | 16.85        | 50.55 |
| 7     | 4            | k            | 4 k        | 19.85        | 79.4  |
| 8     | 4            | k            | 4 k        | 23.35        | 93.4  |
| 9     | 4            | k            | 4 k        | 26.85        | 107.4 |
| 10    | 3            | k            | 3 k        | 29.85        | 89.55 |

Total = 36

Total = 537.30

Fuente: elaboración propia

$$CR_x = \frac{537.30}{36} = 14.93 \text{ m}$$

Eje Y

**Tabla 9. Rigidez por marco eje Y, centro de capacitación**

| Marco   | No. Columnas | kc (columna) | km (marco) | Longitud (m) | km*L   |
|---------|--------------|--------------|------------|--------------|--------|
| A       | 10           | k            | 10 k       | 11.35        | 113.5  |
| B       | 10           | k            | 10 k       | 6.50         | 65     |
| C       | 10           | k            | 10 k       | 4.00         | 40     |
| C'      | 2            | k            | 4 k        | 1.85         | 7.4    |
| D       | 1            | k            | 2 k        | 0.00         | 0      |
| Total = |              |              | 36.00      | Total =      | 225.90 |

Fuente: elaboración propia

$$CR_y = \frac{225.90}{36} = 6.28 \text{ m}$$

Por lo tanto, el centro de rigideces (CR) está ubicado en las siguientes coordenadas.

$$CR_x = 14.93 \text{ m} \quad CR_y = 6.28 \text{ m}$$

- Excentricidad del edificio (e)

$$e = |CR - CM|$$

$$e_{\min} = 5\%B$$

Donde:

$$B_x = 31.05 \text{ m}$$

$$B_y = 12.55 \text{ m}$$

$$e_x = |14.93 - 15.52| = 0.60 \text{ m}$$

$$e_y = |6.28 - 7.25| = 0.57 \text{ m}$$

$$e_{\min x} = 5\% \cdot 31.05 = 1.55 \text{ m}$$

$$e_{\min y} = 5\% \cdot 12.55 = 0.63 \text{ m}$$

Para efecto de diseño se utilizó la excentricidad mayor

$$e_{\text{diseño } x} = 1.55 \text{ m}$$

$$e_{\text{diseño } y} = 0.63 \text{ m}$$

#### **2.6.6.3. Cálculo de fuerzas por marcos estructurales establecidos para el diseño**

Las fuerzas se distribuyen en función del porcentaje de rigidez que represente cada marco con respecto al piso y la fuerza aplicada por el momento torsional que origina dicha excentricidad.

Para su cálculo se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$F'_m = \left| \frac{k_m \cdot F_{ni}}{\sum K_m} \right|$$

$$F''_m = \frac{e}{\frac{\sum (k_m \cdot d_i^2)}{k_m \cdot d_i}}$$

Donde:

e = Excentricidad

Fni = Fuerza del piso

km = Rigidez de marco

di = Distancia de eje a CR

Fm = Fuerza de diseño

Se aplicaron las ecuaciones anteriores a cada marco y cada nivel de la estructura.

**Tabla 10. Fuerza marcos A, B y C eje X segundo nivel**

| Marco | e (y) | Fni    | km    | di (m) | km*di  | km*di <sup>2</sup> | F'm   |
|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------------------|-------|
| A     | 0.63  | 209.35 | 10    | 5.67   | 56.70  | 321.49             | 69.78 |
| B     | 0.63  | 209.35 | 10    | 0.82   | 8.20   | 6.72               | 69.78 |
| C     | 0.63  | 209.35 | 10    | -1.68  | -16.80 | 28.22              | 69.78 |
|       |       | Suma = | 30.00 |        | Suma = | 356.44             |       |

| F'm   | F'm - F''m | F'm+F''m | Fni/#Marcos | Fm (diseño) |
|-------|------------|----------|-------------|-------------|
| 20.90 | 48.89      | 90.68    | 20.93       | 20.93       |
| 3.02  | 66.76      | 72.81    | 20.93       | 20.93       |
| -6.19 | 75.97      | 63.59    | 20.93       | 20.93       |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 11. Fuerza marcos A, B, C y D eje X primer nivel**

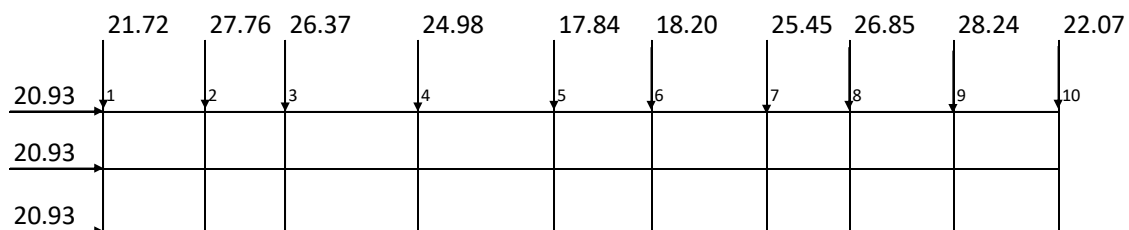
| Marco | e (y) | Fni       | km    | di (m) | km*di  | km*di <sup>2</sup> | F'm   |
|-------|-------|-----------|-------|--------|--------|--------------------|-------|
| A     | 0.63  | 216.75    | 10    | 5.22   | 52.20  | 272.48             | 60.21 |
| B     | 0.63  | 216.75    | 10    | 0.37   | 3.70   | 1.37               | 60.21 |
| C     | 0.63  | 216.75    | 10    | -2.13  | -21.30 | 45.37              | 60.21 |
| C'    | 0.63  | 216.75    | 4     | -4.28  | -17.12 | 73.27              | 24.08 |
| D     | 0.63  | 216.75    | 2     | -6.13  | -12.26 | 75.15              | 12.04 |
|       |       | Suma ki = | 36.00 |        | Suma = | 467.65             |       |

Continuación de tabla 11.

| F''m  | F'm - F''m | F'm+F''m | Fni/#Marcos | Fm (diseño) |
|-------|------------|----------|-------------|-------------|
| 15.18 | 45.03      | 75.39    | 54.19       | 75.39       |
| 1.08  | 59.13      | 61.28    | 54.19       | 61.28       |
| -6.19 | 66.40      | 54.01    | 54.19       | 66.40       |
| -4.98 | 29.06      | 19.10    | 54.19       | 29.06       |
| -3.57 | 15.61      | 8.48     | 54.19       | 15.61       |

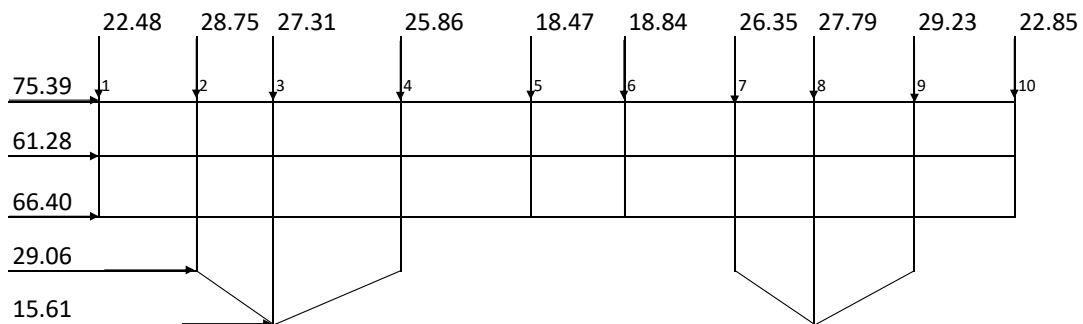
Fuente: elaboración propia

**Figura 10. Planta de cargas segundo nivel, centro de capacitación**



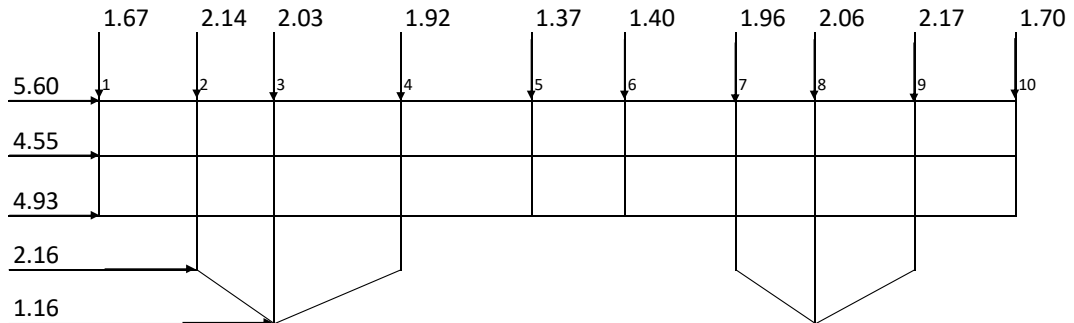
Fuente: elaboración propia

**Figura 11. Planta de cargas primer nivel, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

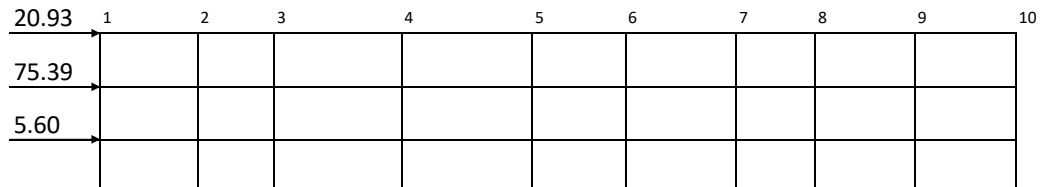
**Figura 12. Planta de cargas nivel cero, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

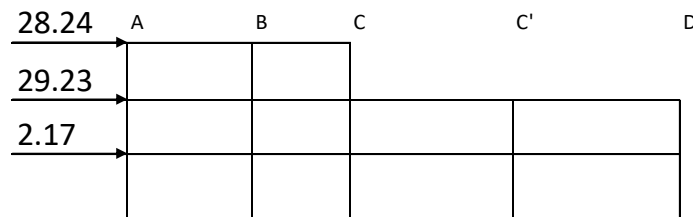
Las fuerzas de diseño mayores son las que se utilizaron en el diseño estructural de la edificación, quedando de la siguiente manera:

**Figura 13. Elevación eje X de cargas, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

**Figura 14. Elevación eje Y de cargas, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

### **2.6.7. Análisis de marcos rígidos por un método de análisis numérico (Kani) y comparación por medio de software (ETABS)**

El enfoque de Kani (1930s) está basado en los métodos de las aproximaciones sucesivas y en la distribución de momentos para expresar el efecto de las rotaciones y desplazamientos nodales. El método iterativo de análisis de estructuras desarrollado por G. Kani, viene a ser extremadamente satisfactorio para el análisis de cualquier estructura convencional para edificios de varios pisos bajo cualquier condición de cargas dada. Kani propuso extender este método a las estructuras con columnas continuas a través de varios pisos con sólo ligeras modificaciones (Pinto, L., García, A., 2007, p. 142)

La estructura analizada se clasifica en pórtico con desplazamiento horizontal, por lo que a continuación se describe el procedimiento desarrollado por medio del método de Kani:

- Cálculo de momentos fijos ( $MF_{ik}$ ): determinados al existir cargas gravitacionales.
- Cálculo de momentos de sujeción ( $M_s$ ): determinados al existir cargas verticales, son iguales a la sumatoria de los momentos fijos en cada nodo.

$$M_s = \Sigma(MF_{ik})$$

- Determinación de fuerzas de sujeción (H): son calculadas al analizar las fuerzas horizontales aplicadas a cada marco de acuerdo a los niveles que este posea.

- Cálculo de fuerza cortante de piso o de nivel ( $Q_n$ ): es determinada cuando se realiza el análisis de las fuerzas horizontales aplicadas a cada marco.
- Cálculo de momentos de piso ( $M_n$ ): son determinadas a razón de la altura de cada piso y la fuerza horizontal aplicada a cada marco.

$$M_n = \Sigma H * h_i / 3$$

Donde:

$Q_n$  = Fuerza cortante en el piso n

$h_n$  = Altura de la columna n

- Rigideces de los elementos ( $K_{ik}$ ):

$$K_{ik} = I / L_{ik}$$

Donde:

$I$  = Inercia del elemento

$L_{ik}$  = Longitud del elemento

- Factores de giro o coeficientes de reparto ( $\mu_{ik}$ ):

$$\mu_{ik} = \frac{1}{2} * (K_{ik} / \Sigma K_{ik})$$

- Factores de corrimiento o desplazamiento ( $v_{ik}$ ): se determina debido al ladeo causado por la asimetría de la estructura, también cuando se cuenta con fuerzas horizontales aplicadas a los marcos rígidos.

$$v_{ik} = -\frac{3}{2} * (K_{ik} / \Sigma K_{in})$$

- Cálculo de iteraciones, influencias de giro ( $M'_{ik}$ ):

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + M'_{ni}) \text{ sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + \Sigma(M'_{ni} + M'_{in})) \text{ con ladeo}$$

- Cálculo de iteraciones, influencias de desplazamiento ( $M''_{ik}$ ), se determinará al existir ladeo en la estructura:

$$M''_{ik} = v_{ik}(\Sigma(M'_{ik} + M'_{ki})) \text{ ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = v_{ik}(M_n + \Sigma(M'_{ik} + M'_{ki})) \text{ ladeo por fuerza horizontal}$$

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra ( $M''_{ik}$ ):

$$M_{ik} = (MF_{ik} + 2 M'_{ik} + M'_{ki}) \text{ sin ladeo}$$

$$M_{ik} = (MF_{ik} + 2 M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}) \text{ con ladeo}$$

- Análisis de marco sentido Y, por Kani

Cálculo de rigidez para vigas y columnas  $K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}}$  :

Donde:

I = Inercia del elemento

L = Longitud del elemento

Inercias para columnas y viga

$$I_{columna} = \frac{1}{12} * 0.30 * 0.30^3 = 0.000675$$

$$I_{viga} = \frac{1}{12} * 0.15 * 0.30^3 = 0.000338$$

### Inercias relativas para columnas y viga

$$I_{\text{columna}} = \frac{0.000675}{0.000675} = 1$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{0.000338}{0.000675} = 0.50$$

### Rigideces

$$K_{ab} \text{ y } K_{ba}, K_{de} \text{ y } K_{ed}, K_{ij} \text{ y } K_{ji} = 0.10$$

$$K_{bc} \text{ y } K_{cb}, K_{ef} \text{ y } K_{fe}, K_{jk} \text{ y } K_{kj} = 0.20$$

$$K_{fg} \text{ y } K_{gf}, K_{kl} \text{ y } K_{lk} = 0.23$$

$$K_{gh} \text{ y } K_{hg}, K_{lm} \text{ y } K_{ml} = 0.27$$

$$K_{ad} \text{ y } K_{da}, K_{be} \text{ y } K_{eb}, K_{cf} \text{ y } K_{fc} = 0.33$$

$$K_{di} \text{ y } K_{id}, K_{ej} \text{ y } K_{je}, K_{fk} \text{ y } K_{kf}, K_{gl} \text{ y } K_{lg}, K_{hm} \text{ y } K_{mh} = 0.29$$

$$K_{in}, K_{jo}, K_{kp}, K_{lq}, K_{mr} = 0.67$$

$$K_{ni}, K_{oj}, K_{pk}, K_{ql}, K_{rm} = 0.00$$

### Factores de giro (coeficiente de reparto) ( $\mu_{ik}$ ):

| Nodo a      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{ab}$  | 0.10        | -0.12        |
| $\mu_{ad}$  | 0.33        | -0.38        |
| <b>Suma</b> | <b>0.44</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo b      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{ba}$  | 0.10        | -0.08        |
| $\mu_{be}$  | 0.33        | -0.26        |
| $\mu_{bc}$  | 0.20        | -0.16        |
| <b>Suma</b> | <b>0.64</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo g      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $M_{gf}$    | 0.23        | -0.15        |
| $M_{gl}$    | 0.29        | -0.18        |
| $M_{gh}$    | 0.27        | -0.17        |
| <b>Suma</b> | <b>0.79</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo h      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $M_{hg}$    | 0.27        | -0.24        |
| $M_{hm}$    | 0.29        | -0.26        |
| <b>Suma</b> | <b>0.56</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo c      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $M_{cb}$    | 0.20        | -0.19        |
| $M_{cf}$    | 0.33        | -0.31        |
| <b>Suma</b> | <b>0.53</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo d      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{da}$  | 0.33        | -0.23        |
| $\mu_{de}$  | 0.10        | -0.07        |
| $\mu_{di}$  | 0.29        | -0.20        |
| <b>Suma</b> | <b>0.72</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo e      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{ed}$  | 0.10        | -0.06        |
| $\mu_{eb}$  | 0.33        | -0.18        |
| $\mu_{ef}$  | 0.20        | -0.11        |
| $\mu_{ej}$  | 0.29        | -0.15        |
| <b>Suma</b> | <b>0.92</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo f      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{fe}$  | 0.20        | -0.10        |
| $\mu_{fc}$  | 0.33        | -0.16        |
| $\mu_{fg}$  | 0.23        | -0.11        |
| $\mu_{fk}$  | 0.29        | -0.14        |
| <b>Suma</b> | <b>1.05</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo m      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{ml}$  | 0.27        | -0.11        |
| $\mu_{mh}$  | 0.29        | -0.12        |
| $\mu_{mr}$  | 0.67        | -0.27        |
| <b>Suma</b> | <b>1.22</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo i      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $M_{id}$    | 0.29        | -0.14        |
| $M_{ij}$    | 0.10        | -0.05        |
| $M_{in}$    | 0.67        | -0.27        |
| <b>Suma</b> | <b>1.06</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo j      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $M_{ji}$    | 0.10        | -0.04        |
| $M_{je}$    | 0.29        | -0.11        |
| $M_{jk}$    | 0.20        | -0.08        |
| $M_{jo}$    | 0.67        | -0.27        |
| <b>Suma</b> | <b>1.26</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo k      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{kj}$  | 0.20        | -0.07        |
| $\mu_{kf}$  | 0.29        | -0.10        |
| $\mu_{kl}$  | 0.23        | -0.08        |
| $\mu_{kp}$  | 0.67        | -0.24        |
| <b>Suma</b> | <b>1.38</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo l      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{lk}$  | 0.23        | -0.08        |
| $\mu_{lg}$  | 0.29        | -0.10        |
| $\mu_{lm}$  | 0.27        | -0.09        |
| $\mu_{lq}$  | 0.67        | -0.23        |
| <b>Suma</b> | <b>1.46</b> | <b>-0.50</b> |

Nodo n, o, p, q, r. -----> factores de corrimiento o desplazamiento

Segundo  
Nivel

$$\begin{aligned}
 V_{ad} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.33}{0.33 + 0.33 + 0.33} \right) = -0.50 \\
 V_{be} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.33}{0.33 + 0.33 + 0.33} \right) = -0.50 \\
 V_{cf} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.33}{0.33 + 0.33 + 0.33} \right) = -0.50 \\
 &\text{Suma } \mathbf{-1.50}
 \end{aligned}$$


---

Primer Nivel

$$\begin{aligned}
 V_{di} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.29}{0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29} \right) = -0.30 \\
 V_{ej} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.29}{0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29} \right) = -0.30 \\
 V_{fk} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.29}{0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29} \right) = -0.30 \\
 V_{gl} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.29}{0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29} \right) = -0.30 \\
 V_{hm} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.29}{0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29 + 0.29} \right) = -0.30 \\
 &\text{Suma } \mathbf{-1.50}
 \end{aligned}$$


---

Nivel Cero

$$\begin{aligned}
 V_{in} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.67}{0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67} \right) = -0.30 \\
 V_{jo} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.67}{0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67} \right) = -0.30 \\
 V_{kp} &= -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.67}{0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67} \right) = -0.30
 \end{aligned}$$

$$V_{lq} = -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.67}{0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67} \right) = -0.30$$

$$V_{mr} = -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.67}{0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67 + 0.67} \right) = -0.30$$

---

**Suma -1.50**

Momentos fijos MF

Momento para cargas uniformemente distribuidas empotrado en ambos sentidos.

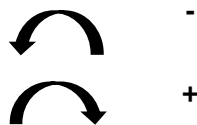
$$MF = \pm \frac{WL^2}{12}$$

En la siguiente tabla se muestran los momentos del marco.

$$MF_{ab} = \frac{1.63 * 4.85^2}{12} = 3.20$$

$$MF_{ba} = \frac{1.63 * 4.85^2}{12} = -3.20$$

**Figura 15. Dirección para momentos fijos**



Fuente: elaboración propia

En la tabla 12 se observan los resultados de momentos fijos del marco 1 eje Y.

**Tabla 12. Resumen de momentos fijos eje Y marco 1, centro de capacitación**

| <b>Momento</b> | <b>W (Ton/m)</b> | <b>L (m)</b> | <b>M (Ton.m)</b> |
|----------------|------------------|--------------|------------------|
| Mab            | 1.55             | 4.85         | 3.03             |
| Mba            | 1.55             | 4.85         | -3.03            |
| Mbc            | 0.92             | 2.50         | 0.48             |
| Mcb            | 0.92             | 2.50         | -0.48            |
| Mde            | 3.82             | 4.85         | 7.49             |
| Med            | 3.82             | 4.85         | -7.49            |
| Mef            | 2.61             | 0.20         | 0.01             |
| Mfe            | 2.61             | 0.20         | -0.01            |
| Mfg            | 2.81             | 2.15         | 1.08             |
| Mgf            | 2.81             | 2.15         | -1.08            |
| Mgh            | 6.17             | 1.85         | 1.76             |
| Mhg            | 6.17             | 1.85         | -1.76            |
| Mij            | 0.98             | 4.85         | 1.92             |
| Mji            | 0.98             | 4.85         | -1.92            |
| Mjk            | 0.98             | 2.50         | 0.51             |
| Mkj            | 0.98             | 2.50         | -0.51            |
| Mkl            | 0.98             | 2.15         | 0.38             |
| Mlk            | 0.98             | 2.15         | -0.38            |
| Mlm            | 0.98             | 1.85         | 0.28             |
| Mml            | 0.98             | 1.85         | -0.28            |

Fuente: elaboración propia

Momento de entrepiso

$$M_p = \frac{\sum H * h_i}{3}$$

Donde:

$H_i$  = Altura de cada piso

$H$  = Altura desde la base al piso

Segundo nivel

Suma  $H$  = 28.24 Ton

$h_i$  = 3.00 m.

**$M_p$  = 28.24 Ton.m**

---

Primer nivel

Suma  $H$  = 57.47 Ton

$h_i$  = 3.50 m.

**$M_p$  = 67.05 Ton.m**

---

Nivel cero

Suma  $H$  = 59.64 Ton

$h_i$  = 1.50 m.

**$M_p$  = 29.82 Ton.m**

---

Momentos de sujeción( $M_s$ )

En la siguiente tabla se muestra los resultados de momentos de sujeción por nodo.

**Tabla 13. Momentos de sujeción Ms, centro de capacitación**

| <b>Nodo</b> | <b>Ms (Ton*m)</b> |
|-------------|-------------------|
| MSa         | 3.03              |
| MSb         | -2.55             |
| MSc         | -0.48             |
| MSd         | 7.49              |
| MSe         | -7.48             |
| MSf         | -0.01             |
| MSg         | 0.68              |
| MSh         | -1.76             |
| MSi         | 1.92              |
| MSj         | -1.41             |
| MSk         | -0.13             |
| MSl         | -0.10             |
| MSm         | -0.28             |

Fuente: elaboración propia

- Proceso interactivo del método de Kani para el respectivo análisis

Primera iteración:

Nodo a.

$$M'_{ab} = -0.12 * (3.03) = -0.36$$

$$M'_{ab} = -0.38 * (3.03) = -1.16$$

Nodo b.

$$M'_{ba} = -0.08 * (-2.55 - 0.36) = 0.24$$

$$M'_{bc} = -0.16 * (-2.55 - 0.36) = 0.46$$

$$M'_{be} = -0.26 * (-2.55 - 0.36) = 0.76$$

Nodo c.

$$M'_{cb} = -0.19 * (-0.48 + 0.46) = 0.0043$$

$$M'_{cf} = -0.31 * (-0.48 + 0.46) = 0.0071$$

Nodo h.

$$M'_{hg} = -0.24 * (-1.76) = 0.43$$

$$M'_{hm} = -0.26 * (-1.76) = 0.45$$

Nodo m.

$$M'_{ml} = -0.11 * (-0.28 + 0.45) = -0.02$$

$$M'_{mh} = -0.12 * (-0.28 + 0.45) = -0.02$$

$$M'_{mr} = -0.27 * (-0.28 + 0.45) = -0.05$$

Nodo i.

$$M'_{id} = -0.14 * (1.92) = -0.26$$

$$M'_{ij} = -0.05 * (1.92) = -0.09$$

$$M'_{in} = -0.32 * (1.92) = -0.61$$

Nodo d.

$$M'_{da} = -0.23 * (7.49 - 1.16 - 0.26) = -1.40$$

$$M'_{de} = -0.07 * (7.49 - 1.16 - 0.26) = -0.43$$

$$M'_{di} = -0.20 * (7.49 - 1.16 - 0.26) = -1.20$$

Nodo e.

$$M'_{ed} = -0.06 * (-7.48 + 0.76 - 0.43) = 0.40$$

$$M'_{eb} = -0.18 * (-7.48 + 0.76 - 0.43) = 1.29$$

$$M'_{ef} = -0.11 * (-7.48 + 0.76 - 0.43) = 0.78$$

$$M'_{ej} = -0.15 * (-7.48 + 0.76 - 0.43) = 1.11$$

Nodo f.

$$M'_{fe} = -0.10 * (-0.01 + 0.0071) = 0.0001$$

$$M'_{fc} = -0.16 * (-0.01 + 0.0071) = 0.0002$$

$$M'_{fg} = -0.11 * (-0.01 + 0.0071) = 0.0002$$

$$M'_{fk} = -0.14 * (-0.01 + 0.0071) = 0.0002$$

Nodo g.

$$M'_{gf} = -0.15 * (0.68 + 0.43 + 0.0002) = -0.16$$

$$M'_{gh} = -0.17 * (0.68 + 0.43 + 0.0002) = -0.19$$

$$M'_{gl} = -0.18 * (0.68 + 0.43 + 0.0002) = -0.20$$

Nodo l.

$$M'_{lk} = -0.08 * (-0.10 - 0.02 - 0.20) = 0.03$$

$$M'_{lg} = -0.10 * (-0.10 - 0.02 - 0.20) = 0.03$$

$$M'_{lm} = -0.09 * (-0.10 - 0.02 - 0.20) = 0.03$$

$$M'_{lq} = -0.23 * (-0.10 - 0.02 - 0.20) = 0.07$$

Nodo k.

$$M'_{kj} = -0.07 * (-0.13 + 0.0002 + 0.03) = 0.01$$

$$M'_{kf} = -0.10 * (-0.13 + 0.0002 + 0.03) = 0.01$$

$$M'_{kl} = -0.08 * (-0.13 + 0.0002 + 0.03) = 0.01$$

$$M'_{kp} = -0.24 * (-0.13 + 0.0002 + 0.03) = 0.03$$

Nodo j.

$$M'_{ji} = -0.04 * (-0.10 - 0.09 + 1.11 + 0.01) = -0.04$$

$$M'_{je} = -0.11 * (-0.10 - 0.09 + 1.11 + 0.01) = -0.11$$

$$M'_{jk} = -0.08 * (-0.10 - 0.09 + 1.11 + 0.01) = -0.07$$

$$M'_{jo} = -0.27 * (-0.10 - 0.09 + 1.11 + 0.01) = -0.25$$

Deslizamiento de piso 2

$$M''_{ad} = -0.5 * (28.24 - 1.16 + 0.76 + 0.0071 - 1.40 + 1.29 - 0.0002) = -13.87$$

$$M''_{eb} = -0.5 * (28.24 - 1.16 + 0.76 + 0.0071 - 1.40 + 1.29 - 0.0002) = -13.87$$

$$M''_{cf} = -0.5 * (28.24 - 1.16 + 0.76 + 0.0071 - 1.40 + 1.29 - 0.0002) = -13.87$$

Deslizamiento de piso 1

$$M''_{di} = -0.3 * \left( \begin{array}{l} 67.05 + 0.45 - 0.02 - 0.26 - 1.20 + 1.11 - 0.0002 \\ - 0.20 + 0.03 + 0.01 + 0.10 \end{array} \right) = -20.06$$

$$M''_{ej} = -0.3 * \left( \begin{array}{l} 67.05 + 0.45 - 0.02 - 0.26 - 1.20 + 1.11 - 0.0002 \\ - 0.20 + 0.03 + 0.01 + 0.10 \end{array} \right) = -20.06$$

$$M''_{fk} = -0.3 * \left( \begin{array}{l} 67.05 + 0.45 - 0.02 - 0.26 - 1.20 + 1.11 - 0.0002 \\ - 0.20 + 0.03 + 0.01 + 0.10 \end{array} \right) = -20.06$$

$$M''_{gl} = -0.3 * \left( \begin{array}{l} 67.05 + 0.45 - 0.02 - 0.26 - 1.20 + 1.11 - 0.0002 \\ - 0.20 + 0.03 + 0.01 + 0.10 \end{array} \right) = -20.06$$

$$M''_{hm} = -0.3 * \left( \begin{array}{l} 67.05 + 0.45 - 0.02 - 0.26 - 1.20 + 1.11 - 0.0002 \\ - 0.20 + 0.03 + 0.01 + 0.10 \end{array} \right) = -20.06$$

### Deslizamiento de piso 0

$$M''_{in} = -0.30 * (29.82 - 0.05 + 0.07 + 0.03 - 0.25) = -26.89$$

$$M''_{jo} = -0.30 * (29.82 - 0.05 + 0.07 + 0.03 - 0.25) = -26.89$$

$$M''_{kp} = -0.30 * (29.82 - 0.05 + 0.07 + 0.03 - 0.25) = -26.89$$

$$M''_{lq} = -0.30 * (29.82 - 0.05 + 0.07 + 0.03 - 0.25) = -26.89$$

$$M''_{mr} = -0.30 * (29.82 - 0.05 + 0.07 + 0.03 - 0.25) = -26.89$$

Iteraciones necesarias para llegar a valores semejantes en cada nodo

**Tabla 14. Iteraciones en marco en el sentido Y, centro de capacitación**

| Nodo | Iteración<br>1 | Iteración<br>2 | Iteración<br>3 | Iteración<br>4 | Iteración<br>5 | Iteración<br>6 | Iteración<br>7 | Iteración<br>8 |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| M'ab | -0.36          | -0.22          | -0.34          | -0.47          | -0.56          | -0.61          | -0.64          | -0.66          |
| M'ad | -1.16          | 4.58           | 7.64           | 9.22           | 10.11          | 10.63          | 10.94          | 11.13          |
| M'ba | 0.24           | 0.12           | -0.04          | -0.10          | -0.13          | -0.16          | -0.17          | -0.18          |
| M'bc | 0.46           | 0.23           | -0.08          | -0.19          | -0.26          | -0.30          | -0.33          | -0.35          |
| M'be | 0.76           | 4.02           | 5.86           | 7.04           | 7.73           | 8.14           | 8.38           | 8.52           |
| M'cb | 0.00           | 0.05           | -0.17          | -0.29          | -0.38          | -0.43          | -0.47          | -0.49          |
| M'cf | 0.01           | 4.41           | 6.87           | 8.29           | 9.12           | 9.60           | 9.89           | 10.06          |
| M'hg | 0.43           | 0.48           | 0.04           | -0.12          | -0.17          | -0.18          | -0.19          | -0.19          |
| M'hm | 0.45           | 5.66           | 7.22           | 7.72           | 7.88           | 7.91           | 7.91           | 7.90           |
| M'ml | -0.02          | -0.60          | -0.74          | -0.78          | -0.80          | -0.80          | -0.80          | -0.80          |
| M'mh | -0.02          | 1.71           | 2.48           | 2.74           | 2.82           | 2.84           | 2.84           | 2.84           |
| M'mr | -0.05          | 0.90           | 1.29           | 1.35           | 1.34           | 1.34           | 1.34           | 1.35           |
| M'id | -0.26          | 2.62           | 3.40           | 3.64           | 3.73           | 3.76           | 3.77           | 3.77           |
| M'ij | -0.09          | -0.03          | -0.14          | -0.18          | -0.19          | -0.18          | -0.18          | -0.18          |
| M'in | -0.61          | 2.54           | 2.72           | 2.66           | 2.63           | 2.64           | 2.66           | 2.69           |

Continuación de tabla 14.

|             |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>M'da</b> | -1.40  | -0.28  | 0.94   | 1.77   | 2.28   | 2.58   | 2.77   | 2.88   |
| <b>M'de</b> | -0.43  | -1.08  | -1.34  | -1.46  | -1.52  | -1.56  | -1.58  | -1.59  |
| <b>M'di</b> | -1.20  | 0.98   | 1.81   | 2.00   | 1.98   | 1.92   | 1.86   | 1.82   |
| <b>M'ed</b> | 0.40   | 0.26   | 0.08   | -0.01  | -0.05  | -0.07  | -0.08  | -0.08  |
| <b>M'eb</b> | 1.29   | 3.35   | 4.39   | 5.06   | 5.48   | 5.75   | 5.91   | 6.01   |
| <b>M'ef</b> | 0.78   | 0.50   | 0.15   | -0.01  | -0.09  | -0.13  | -0.15  | -0.16  |
| <b>M'ej</b> | 1.11   | 3.83   | 4.54   | 4.71   | 4.72   | 4.70   | 4.67   | 4.65   |
| <b>M'fe</b> | 0.00   | -0.45  | -0.84  | -1.02  | -1.11  | -1.16  | -1.19  | -1.21  |
| <b>M'fc</b> | 0.00   | 1.44   | 2.23   | 2.75   | 3.09   | 3.30   | 3.42   | 3.50   |
| <b>M'fg</b> | 0.00   | -0.53  | -0.97  | -1.19  | -1.29  | -1.35  | -1.38  | -1.40  |
| <b>M'fk</b> | 0.00   | 2.08   | 2.60   | 2.69   | 2.67   | 2.62   | 2.59   | 2.56   |
| <b>M'gf</b> | -0.16  | -0.10  | -0.21  | -0.26  | -0.27  | -0.27  | -0.26  | -0.26  |
| <b>M'gh</b> | -0.19  | -0.11  | -0.25  | -0.30  | -0.31  | -0.31  | -0.30  | -0.30  |
| <b>M'gl</b> | -0.20  | 3.51   | 4.80   | 5.22   | 5.35   | 5.39   | 5.39   | 5.39   |
| <b>M'lk</b> | 0.03   | -0.23  | -0.31  | -0.33  | -0.34  | -0.35  | -0.35  | -0.35  |
| <b>M'lg</b> | 0.03   | 1.69   | 2.37   | 2.59   | 2.66   | 2.67   | 2.67   | 2.67   |
| <b>M'lm</b> | 0.03   | -0.26  | -0.36  | -0.39  | -0.40  | -0.40  | -0.40  | -0.40  |
| <b>M'lq</b> | 0.07   | 1.35   | 1.74   | 1.80   | 1.80   | 1.79   | 1.79   | 1.79   |
| <b>M'kj</b> | 0.01   | -0.12  | -0.14  | -0.14  | -0.14  | -0.14  | -0.14  | -0.13  |
| <b>M'kf</b> | 0.01   | 1.90   | 2.68   | 2.94   | 3.03   | 3.06   | 3.06   | 3.06   |
| <b>M'kl</b> | 0.01   | -0.14  | -0.17  | -0.17  | -0.16  | -0.16  | -0.16  | -0.15  |
| <b>M'kp</b> | 0.03   | 1.70   | 2.27   | 2.41   | 2.45   | 2.46   | 2.47   | 2.48   |
| <b>M'ji</b> | -0.04  | -0.09  | -0.12  | -0.12  | -0.12  | -0.12  | -0.12  | -0.12  |
| <b>M'je</b> | -0.11  | 2.02   | 2.85   | 3.13   | 3.23   | 3.25   | 3.25   | 3.25   |
| <b>M'jk</b> | -0.07  | -0.18  | -0.23  | -0.24  | -0.24  | -0.24  | -0.23  | -0.23  |
| <b>M'jo</b> | -0.25  | 1.71   | 2.27   | 2.40   | 2.43   | 2.44   | 2.44   | 2.45   |
| <b>M"ad</b> | -13.87 | -22.88 | -28.09 | -31.18 | -33.02 | -34.12 | -34.78 | -35.17 |
| <b>M"be</b> | -13.87 | -22.88 | -28.09 | -31.18 | -33.02 | -34.12 | -34.78 | -35.17 |
| <b>M"cf</b> | -13.87 | -22.88 | -28.09 | -31.18 | -33.02 | -34.12 | -34.78 | -35.17 |
| <b>M"di</b> | -20.06 | -27.92 | -30.53 | -31.33 | -31.53 | -31.55 | -31.52 | -31.49 |

Continuación de tabla 14.

|             |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>M"ej</b> | -20.06 | -27.92 | -30.53 | -31.33 | -31.53 | -31.55 | -31.52 | -31.49 |
| <b>M"fk</b> | -20.06 | -27.92 | -30.53 | -31.33 | -31.53 | -31.55 | -31.52 | -31.49 |
| <b>M"gl</b> | -20.06 | -27.92 | -30.53 | -31.33 | -31.53 | -31.55 | -31.52 | -31.49 |
| <b>M"hm</b> | -20.06 | -27.92 | -30.53 | -31.33 | -31.53 | -31.55 | -31.52 | -31.49 |
| <b>M"in</b> | -8.71  | -11.40 | -12.03 | -12.13 | -12.14 | -12.15 | -12.16 | -12.17 |
| <b>M"jo</b> | -8.71  | -11.40 | -12.03 | -12.13 | -12.14 | -12.15 | -12.16 | -12.17 |
| <b>M"kp</b> | -8.71  | -11.40 | -12.03 | -12.13 | -12.14 | -12.15 | -12.16 | -12.17 |
| <b>M"lq</b> | -8.71  | -11.40 | -12.03 | -12.13 | -12.14 | -12.15 | -12.16 | -12.17 |
| <b>M"mr</b> | -8.71  | -11.40 | -12.03 | -12.13 | -12.14 | -12.15 | -12.16 | -12.17 |

Fuente: elaboración propia

Cálculo de momentos finales en los extremos de cada elemento

$$M_{ik} = M_{Fik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$$

Vigas:

$$M_{ab} = 3.03 - 2 * 0.66 - 0.18 + 0 = 1.52 \quad \text{Ton*m}$$

$$M_{ba} = -3.03 - 0.66 - 2 * 0.18 + 0 = -4.06 \quad \text{Ton*m}$$

$$M_{bc} = 0.48 - 2 * 0.35 - 0.49 + 0 = -0.71 \quad \text{Ton*m}$$

$$M_{cb} = -0.48 - 0.35 - 2 * 0.49 + 0 = -1.80 \quad \text{Ton*m}$$

$$M_{de} = 7.49 - 2 * 1.59 - 0.08 + 0 = 4.22 \quad \text{Ton*m}$$

$$M_{ed} = -7.49 - 1.59 - 2 * 0.08 + 0 = -9.25 \quad \text{Ton*m}$$

Se realizó el mismo procedimiento en todos los extremos

|                  |       |
|------------------|-------|
| $M_{ab} = 1.52$  | Ton*m |
| $M_{ba} = -4.06$ | Ton*m |
| $M_{bc} = -0.71$ | Ton*m |
| $M_{cb} = -1.80$ | Ton*m |
| $M_{de} = 4.22$  | Ton*m |
| $M_{ed} = -9.25$ | Ton*m |
| $M_{ef} = -1.53$ | Ton*m |
| $M_{fe} = -2.59$ | Ton*m |
| $M_{fg} = -1.98$ | Ton*m |
| $M_{gf} = -3.00$ | Ton*m |
| $M_{gh} = 1.08$  | Ton*m |
| $M_{hg} = -2.55$ | Ton*m |
| $M_{ij} = 1.44$  | Ton*m |
| $M_{ji} = -2.34$ | Ton*m |
| $M_{jk} = -0.09$ | Ton*m |
| $M_{kj} = -1.01$ | Ton*m |
| $M_{kl} = -0.28$ | Ton*m |
| $M_{lk} = -1.23$ | Ton*m |
| $M_{lm} = -1.32$ | Ton*m |
| $M_{ml} = -2.28$ | Ton*m |

Columnas:

|                   |       |
|-------------------|-------|
| $M_{ad} = -10.03$ | Ton*m |
| $M_{da} = -18.28$ | Ton*m |
| $M_{be} = -12.11$ | Ton*m |
| $M_{eb} = -14.62$ | Ton*m |
| $M_{cf} = -11.55$ | Ton*m |
| $M_{fc} = -18.11$ | Ton*m |
| $M_{di} = -24.07$ | Ton*m |
| $M_{id} = -22.13$ | Ton*m |
| $M_{ej} = -18.94$ | Ton*m |
| $M_{je} = -20.33$ | Ton*m |
| $M_{fk} = -23.31$ | Ton*m |
| $M_{kf} = -22.81$ | Ton*m |
| $M_{gl} = -18.04$ | Ton*m |
| $M_{lg} = -20.76$ | Ton*m |

$$\begin{aligned}
M_{hm} &= -12.85 \text{ Ton*m} \\
M_{mh} &= -17.91 \text{ Ton*m} \\
M_{in} &= -6.80 \text{ Ton*m} \\
M_{ni} &= -9.49 \text{ Ton*m} \\
M_{jo} &= -7.27 \text{ Ton*m} \\
M_{oj} &= -9.72 \text{ Ton*m}
\end{aligned}$$

Vigas positivo

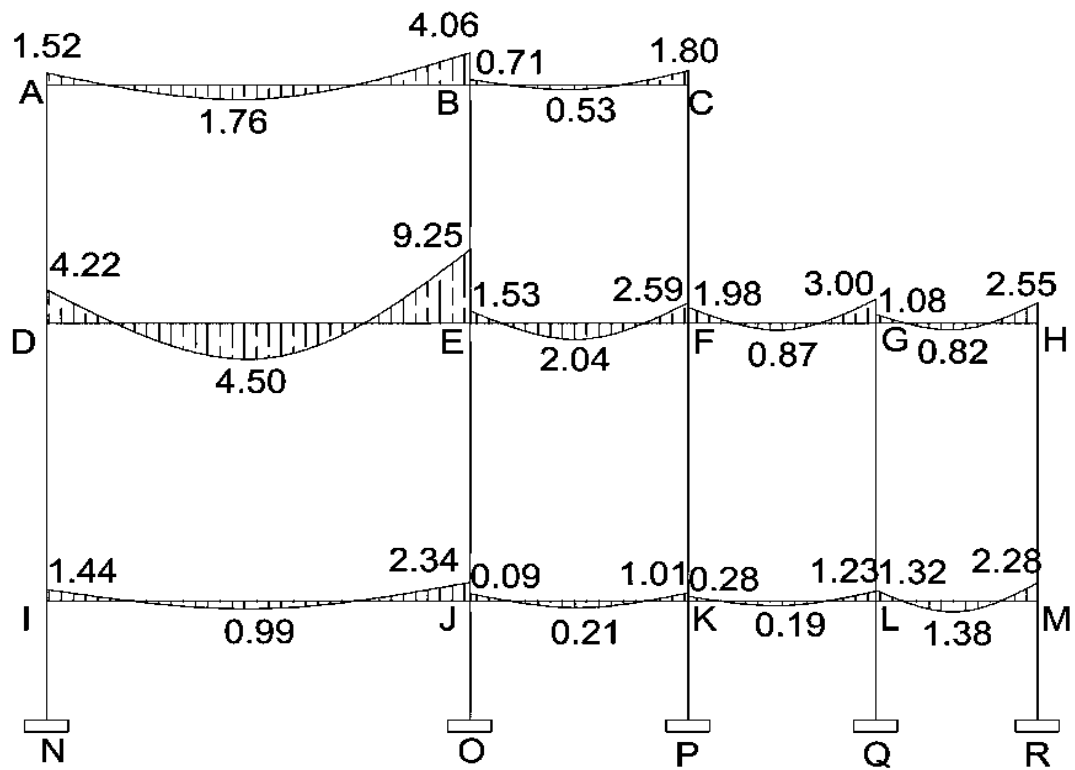
$$M_{ik}(+) = \frac{WL^2}{8} - \frac{|M_i(-)| + |M_k(-)|}{2}$$

$$M_{ab} = \frac{1.55 * 4.85^2}{8} - \frac{|1.52| + |-4.06|}{2} = -1.79 \text{ Ton*m}$$

$$\begin{aligned}
M_{bc} &= -11.08 \text{ Ton*m} \\
M_{de} &= 4.18 \text{ Ton*m} \\
M_{ef} &= -2.04 \text{ Ton*m} \\
M_{fg} &= -0.87 \text{ Ton*m} \\
M_{gh} &= 0.82 \text{ Ton*m} \\
M_{ij} &= 0.99 \text{ Ton*m} \\
M_{jk} &= 0.21 \text{ Ton*m} \\
M_{kl} &= -0.19 \text{ Ton*m} \\
M_{lm} &= -1.38 \text{ Ton*m}
\end{aligned}$$

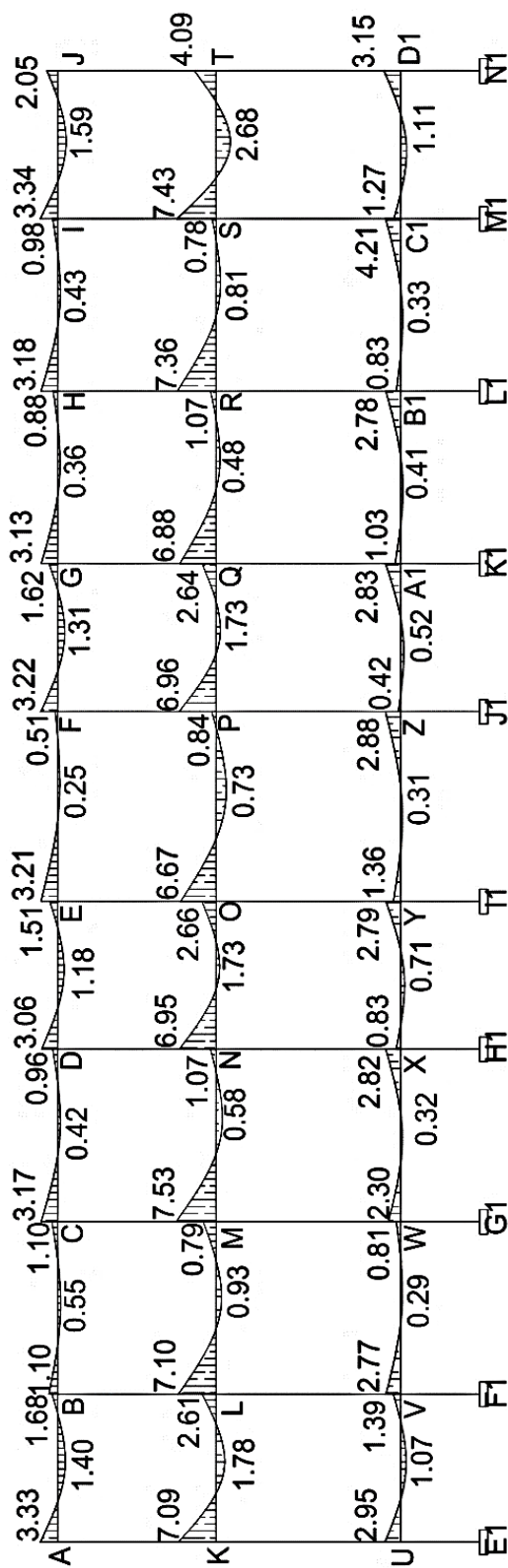
Este mismo proceso se aplicó en los marcos críticos de los modelos matemáticos propuestos dando como resultado los siguientes diagramas de momentos:

Figura 16. Diagrama de momentos (ton\*m) en vigas, eje Y centro de capacitación



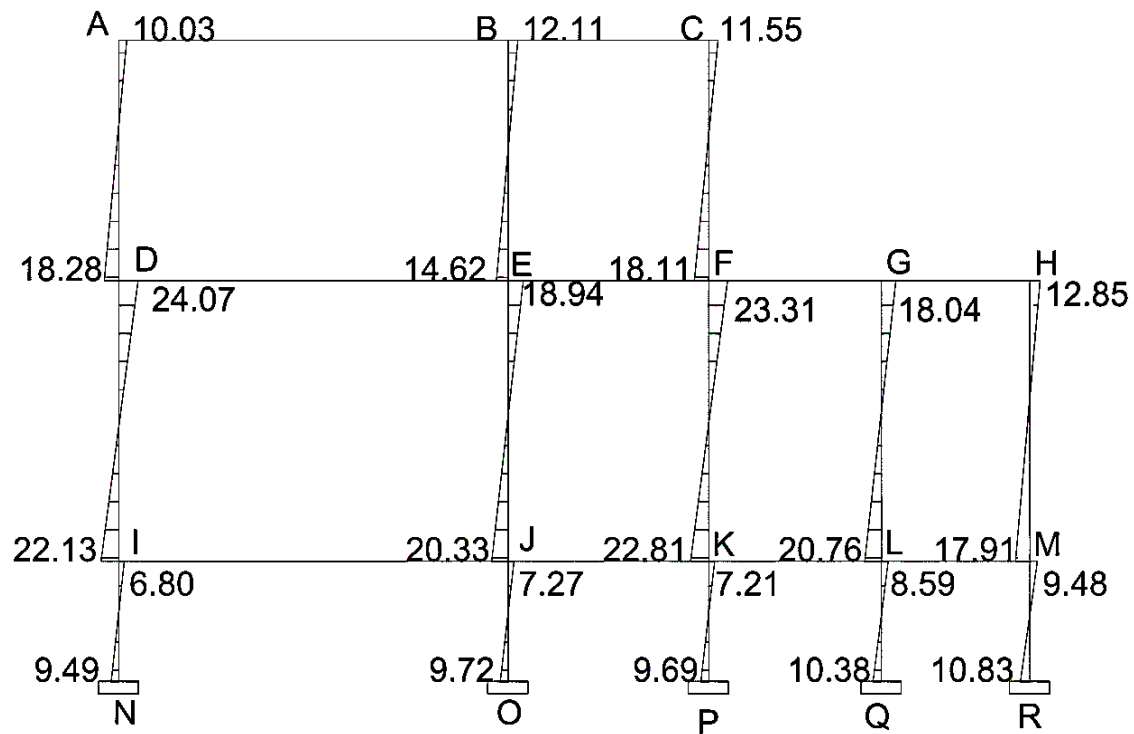
Fuente: elaboración propia

Figura 17. Diagrama de momentos (ton\*m) en vigas, eje X centro de capacitación



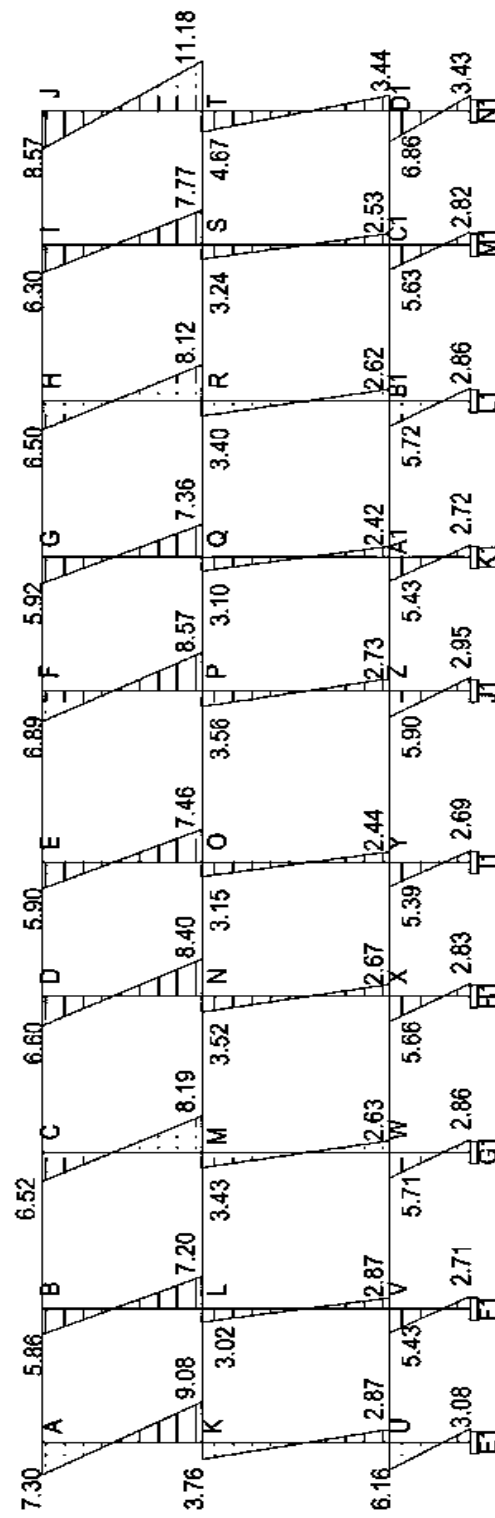
Fuente: elaboración propia

**Figura 18. Diagrama de momentos (ton\*m) en columnas, eje Y centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

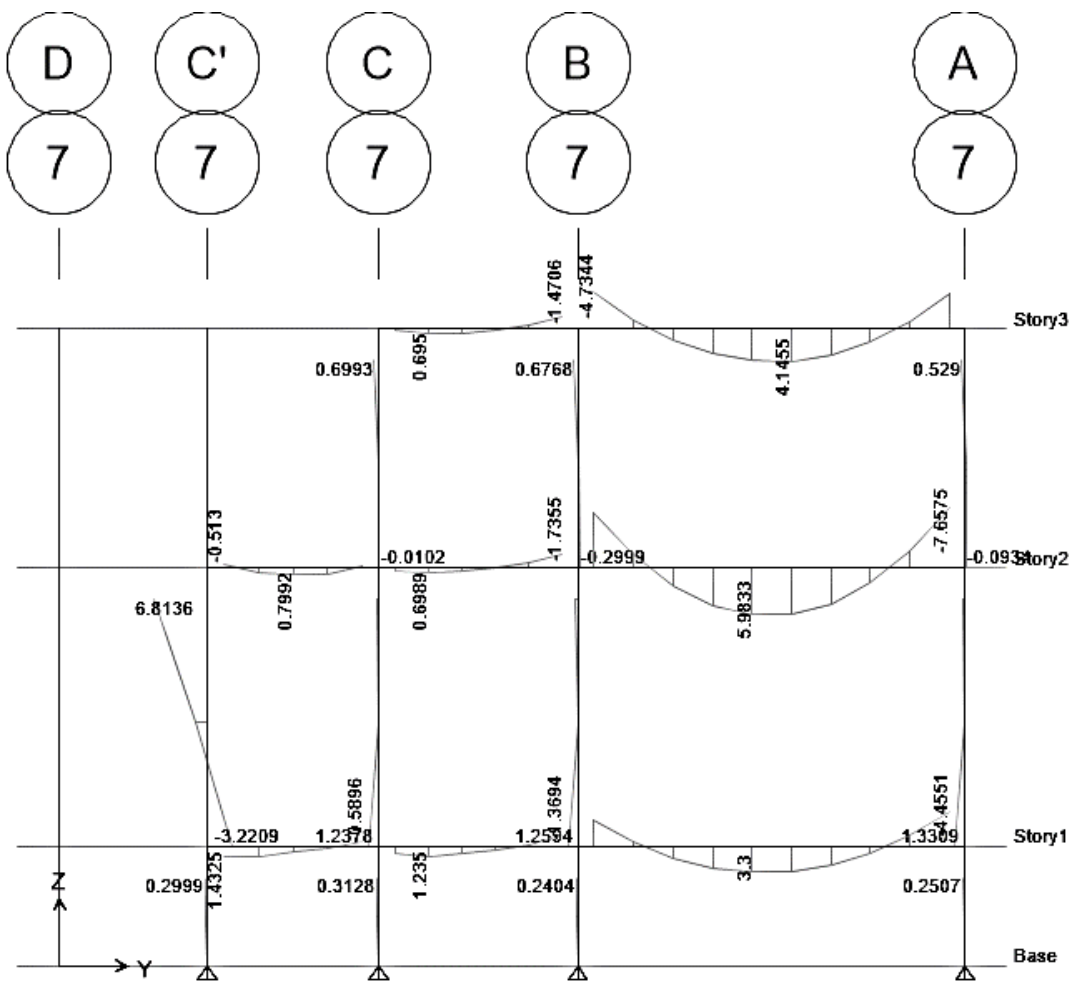
Figura 19. Diagrama de momentos (ton\*m) en columnas, eje X centro de capacitación



Fuente: elaboración propia

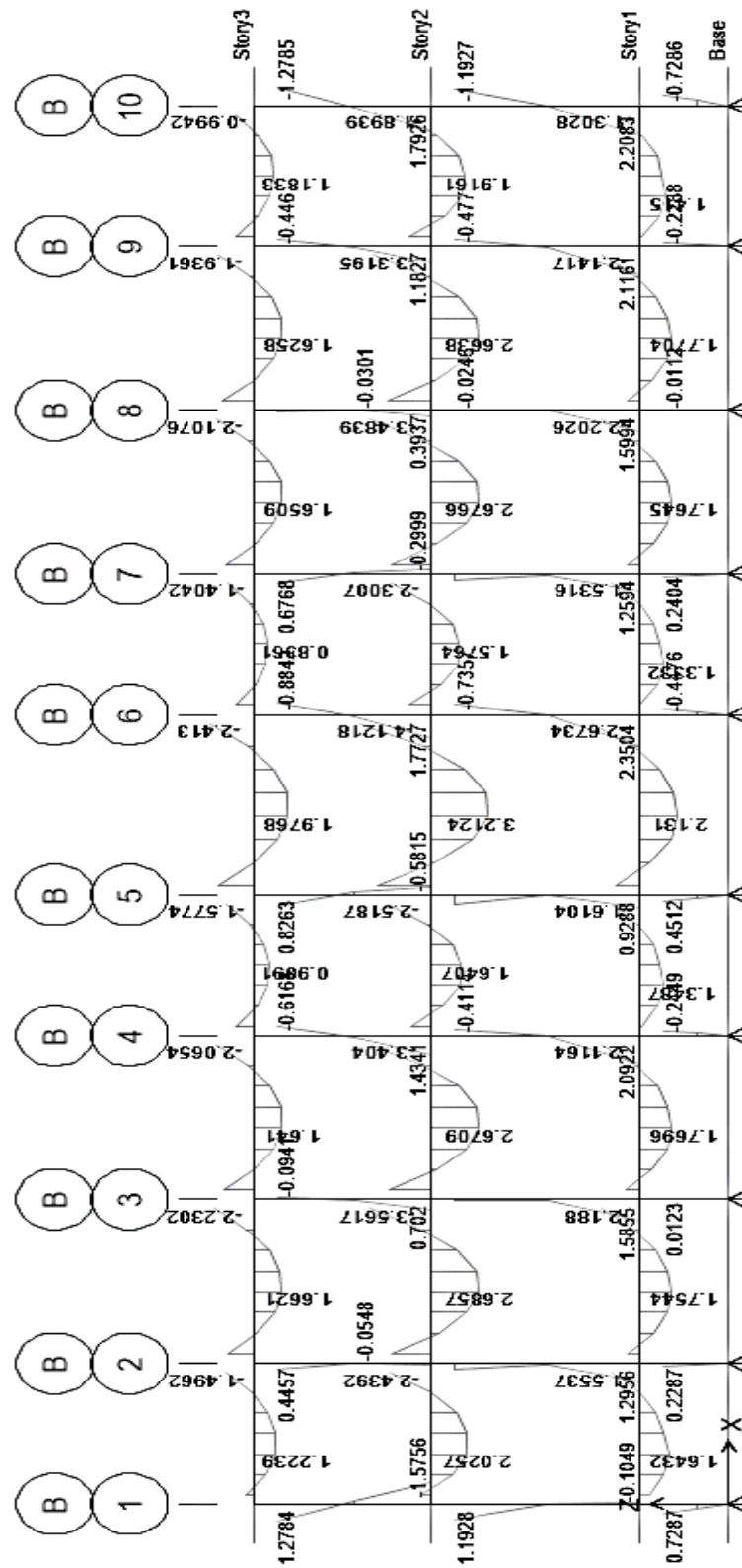
- Modelos matemáticos de los momentos en la estructura dados por el software Etabs.

**Figura 20. Momentos (kg\*m) de Etabs en vigas y columnas, sentido Y centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

Figura 21. Momentos (kg·m) de Etabs en vigas y columnas, sentido X centro de capacitación



Fuente: elaboración propia

Los momentos en la estructura, realizados por el método de Kani, dan una variante en los resultados con respecto al software Etabs, debido a que se aumentaron las dimensiones de las vigas en dicho programa; las cuales resultaron ser de 30 cm x 50 cm. El aumento de las dimensiones de las vigas se realizó para que la estructura soporte las cargas aplicadas.

### 2.6.8. Diagramas de corte y momento

Los cortes en los marcos, se calcularon con las fórmulas siguientes:

Corte en vigas:

$$V_v = 0.75 * \left[ \frac{1.2 * W_{cm} * L}{2} + \frac{1.6 * W_{cv} * L}{2} + \frac{1.87 * \Sigma M_i}{L} \right]$$

Corte en columnas:

$$V_c = \frac{\Sigma M_{col}}{L}$$

Vigas del marco en eje Y:

$$V_{ab} = 0.75 * \left[ \frac{(1.2 * 1004.02 * 4.85) / 2 + (1.6 * 214.43 * 4.85) / 2}{+ (1.87 * (1.52 - 4.06)) / 4.8} \right] = 2,814.53 \text{ kg}$$

$$V_{bc} = 0.75 * \left[ \frac{(1.2 * 604.42 * 2.50) / 2 + (1.6 * 123.20 * 2.50) / 2}{+ (1.87 * (-0.71 - 1.80)) / 2.5} \right] = 863.36 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
V_{de} &= 6,946.69 \text{ kg} \\
V_{ef} &= 1,601.66 \text{ kg} \\
V_{fg} &= 1,518.95 \text{ kg} \\
V_{gh} &= 4,277.94 \text{ kg} \\
V_{ij} &= 2,062.53 \text{ kg} \\
V_{jk} &= 916.03 \text{ kg} \\
V_{kl} &= 787.34 \text{ kg} \\
V_{lm} &= 675.59 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Columnas del marco en eje Y:

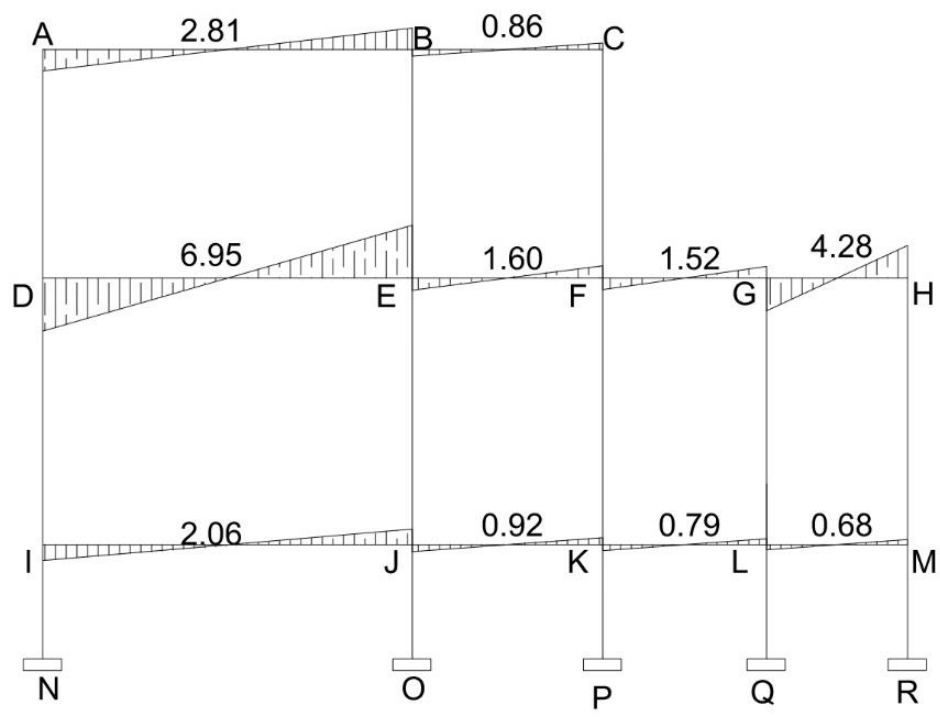
$$V_{ad} = \frac{-10.03 - 18.28}{3} = -9.44 \text{ Ton}$$

$$V_{be} = \frac{-12.11 - 14.62}{3} = -8.91 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned}
V_{cf} &= -9.89 \text{ Ton} \\
V_{di} &= -15.40 \text{ Ton} \\
V_{ej} &= -13.09 \text{ Ton} \\
V_{fk} &= -15.37 \text{ Ton} \\
V_{gl} &= -12.93 \text{ Ton} \\
V_{hm} &= -10.25 \text{ Ton} \\
V_{in} &= -5.43 \text{ Ton} \\
V_{jo} &= -5.67 \text{ Ton} \\
V_{kp} &= -5.63 \text{ Ton} \\
V_{lq} &= -6.32 \text{ Ton} \\
V_{mr} &= -6.77 \text{ Ton}
\end{aligned}$$

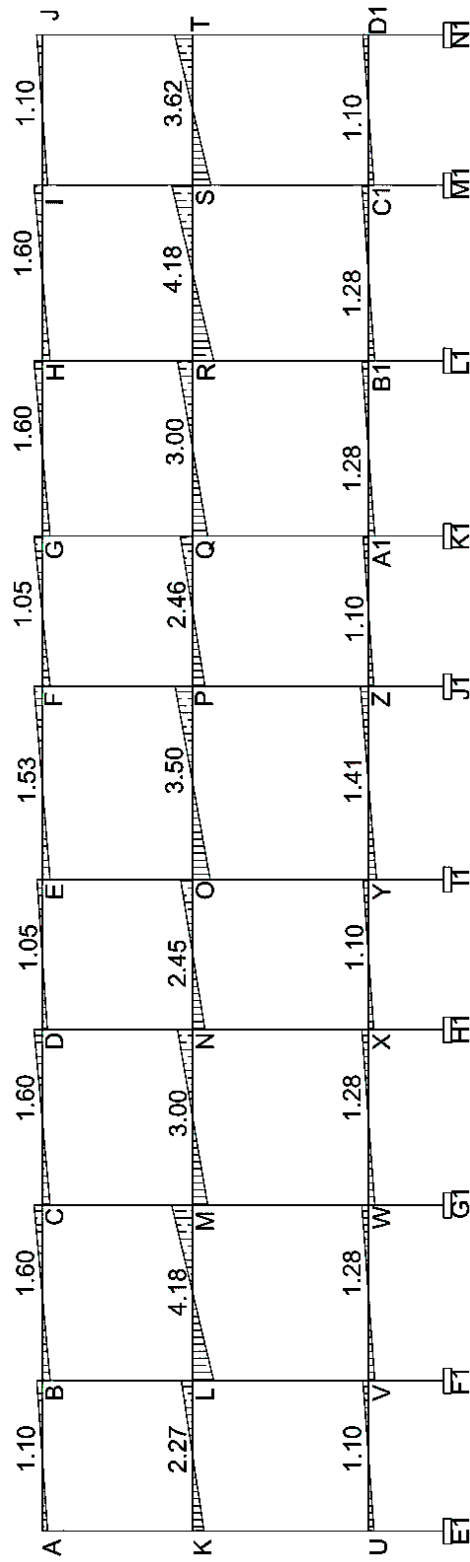
Este procedimiento se realizó en el marco del eje X, dando como resultado los siguientes diagramas de corte:

**Figura 22. Diagrama de corte en vigas, eje Y (momentos en Ton\*m)  
centro de capacitación**



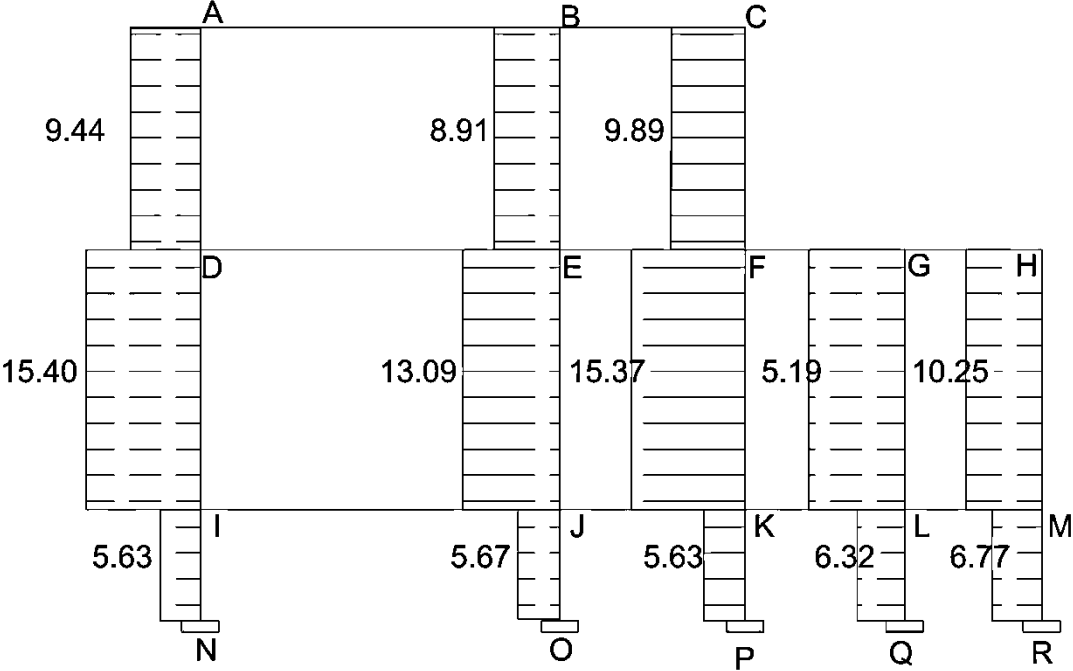
Fuente: elaboración propia

Figura 23. Diagrama de corte en vigas, eje X (momentos en  $\text{ton}\cdot\text{m}$ ) centro de capacitación



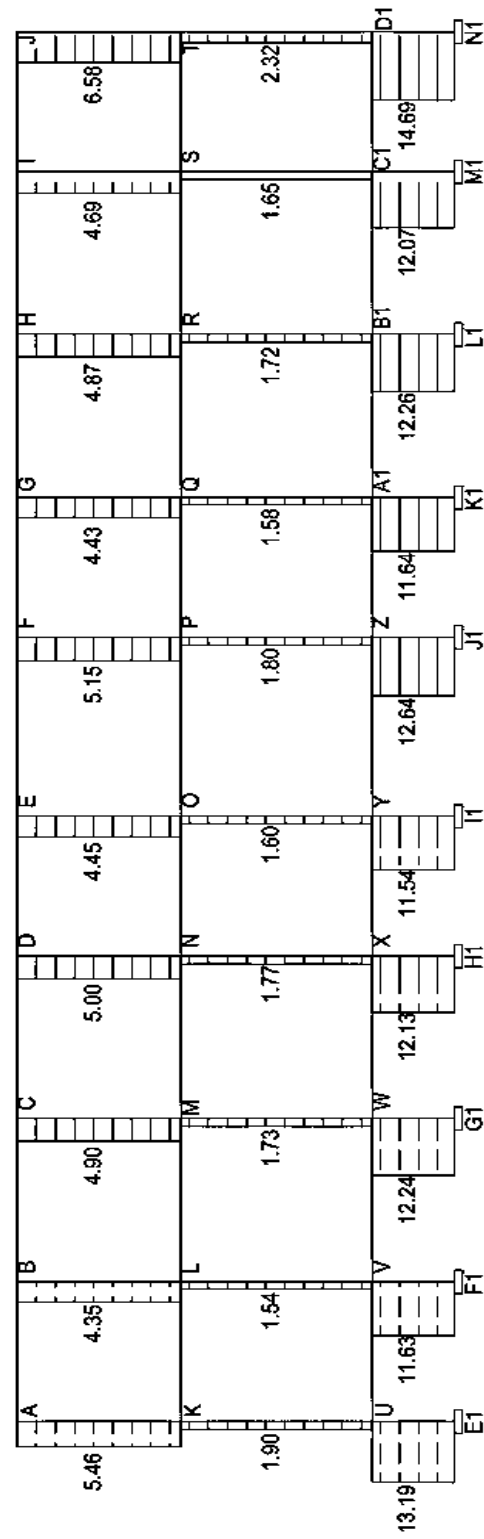
Fuente: elaboración propia

**Figura 24. Diagrama de corte en columnas, eje Y (momentos en Ton\*m)  
centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

Figura 25. Diagrama de corte en columnas eje X (momentos  $\text{Ton}^*\text{m}$ ), centro de capacitación



Fuente: elaboración propia

## **2.7. Diseño estructural**

Podemos definir al diseño estructural como un conjunto de actividades a desarrollar para determinar las características físicas de una estructura, de tal manera que nos permita garantizar la absorción de las cargas a las que esta va estar sujeta en las diferentes etapas de vida útil, sin sufrir daño alguno; es decir, la función adecuada de una estructura en condiciones de servicio (Segura, 2003, p. 2).

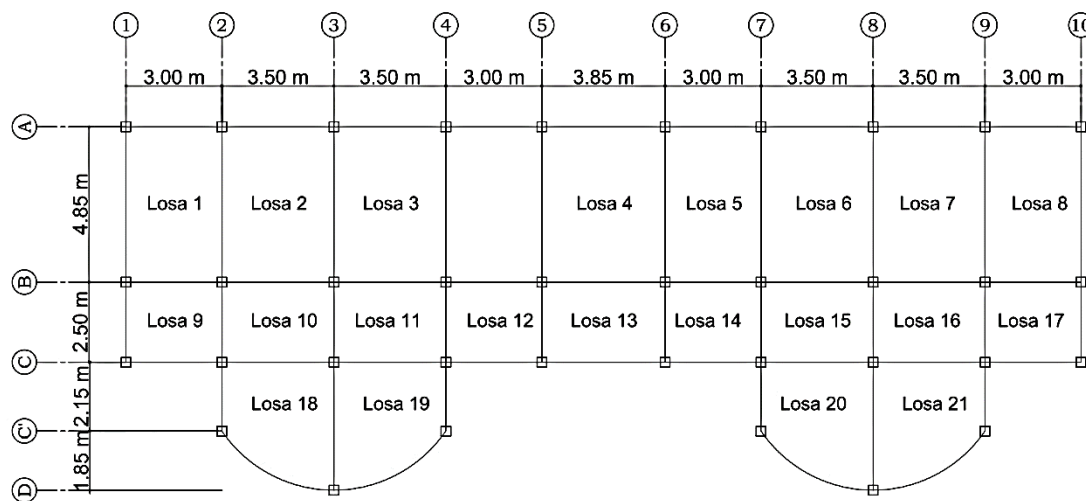
Para el diseño estructural de esta edificación se tomó en cuenta lo siguiente:

### **2.7.1. Diseño de losas**

En general, las losas se clasifican como losas en una o dos direcciones. Las losas cuyas deflexiones ocurren principalmente en una dirección se denominan losas unidireccionales. Cuando las losas están soportadas por columnas dispuestas en hileras, de manera que las losas sufren deflexiones en dos direcciones, se denominan losas bidireccionales (Mc.Cormac, 2013, p. 484).

Relación de losas de primer nivel

**Figura 26. Losas del primer nivel, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

Para determinar si las losas son unidireccionales o bidireccionales se utilizó la siguiente fórmula:

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

a = Lado corto

b = Lado largo

$m < 0.5$  Unidireccional

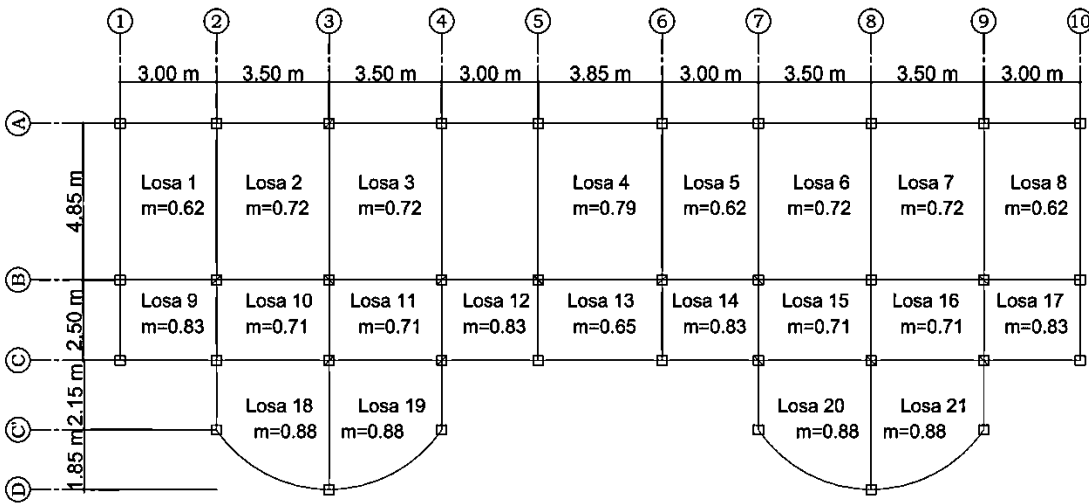
$m > 0.5$  Bidireccional

Losa 1

$$m = \frac{3.00}{4.85} = 0.62$$

Este proceso se realizó en todas las losas.

**Figura 27. Tipo de losas en primer nivel, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, las losas se diseñaron en dos sentidos (bidireccional) debido a que  $m > 0.50$

Determinando el espesor de las losas mediante la ecuación:

$$t = \frac{\text{perimetro}}{180} \text{ o } \frac{a + b}{90}$$

Losa 1

$$t = \frac{3.00 + 4.85}{90} = 0.087 \text{ m}$$

Losa 2

$$t = \frac{3.50 + 4.85}{90} = 0.093 \text{ m}$$

Losa 4

$$t = \frac{3.85 + 4.85}{90} = 0.097 \text{ m}$$

Losa 9

$$t = \frac{2.50 + 3.00}{90} = 0.061 \text{ m}$$

Losa 10

$$t = \frac{2.50 + 3.50}{90} = 0.067 \text{ m}$$

Losa 13

$$t = \frac{2.50 + 3.85}{90} = 0.071 \text{ m}$$

Para este proyecto se utilizó un sistema de losas planas, debido a que el espesor  $t$  de las losas en ambos niveles se encuentra en el rango de  $t < 0.13$

- Carga última o carga de diseño primer nivel

Datos:

**Tabla 15. Momentos en lados de losas**

| Losa 1 | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|--------|------------------------|----------|------------------------|----------|
|        | CM                     | 1636.82  | CM                     | 2068.34  |
|        | CV                     | 1058.672 | CV                     | 1715.456 |
| Losa 2 | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|        | CM                     | 1707.16  | CM                     | 2111.69  |
|        | CV                     | 1165.712 | CV                     | 1781.44  |
| Losa 3 | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|        | CM                     | 1816.78  | CM                     | 2111.69  |
|        | CV                     | 1332.576 | CV                     | 985.6    |
| Losa 4 | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|        | CM                     | 974.94   | CM                     | 2091.10  |
|        | CV                     | 1238.448 | CV                     | 1750.096 |
| Losa 5 | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|        | CM                     | 1636.82  | CM                     | 2091.10  |
|        | CV                     | 1058.672 | CV                     | 1750.096 |
| Losa 6 | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|        | CM                     | 1816.78  | CM                     | 2068.34  |
|        | CV                     | 1332.576 | CV                     | 1715.456 |

Continuación de tabla 15.

|                |                        |          |                        |          |
|----------------|------------------------|----------|------------------------|----------|
| <b>Losa 7</b>  | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|                | CM                     | 1707.16  | CM                     | 2028.17  |
|                | CV                     | 1165.712 | CV                     | 1781.44  |
| <b>Losa 8</b>  | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|                | CM                     | 1636.82  | CM                     | 2111.69  |
|                | CV                     | 1058.672 | CV                     | 1781.44  |
| <b>Losa 9</b>  | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|                | CM                     | 1626.31  | CM                     | 1588.82  |
|                | CV                     | 1042.672 | CV                     | 985.6    |
| <b>Losa 10</b> | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|                | CM                     | 1816.78  | CM                     | 1588.82  |
|                | CV                     | 1332.768 | CV                     | 985.6    |
| <b>Losa 11</b> | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|                | CM                     | 1816.78  | CM                     | 1588.82  |
|                | CV                     | 1332.576 | CV                     | 985.6    |
| <b>Losa 12</b> | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|                | CM                     | 1206.53  | CM                     | 808.82   |
|                | CV                     | 997.328  | CV                     | 985.6    |
| <b>Losa 13</b> | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|                | CM                     | 1302.13  | CM                     | 1273.33  |
|                | CV                     | 1142.864 | CV                     | 1238.448 |
| <b>Losa 14</b> | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|                | CM                     | 1636.82  | CM                     | 808.82   |
|                | CV                     | 1332.576 | CV                     | 985.6    |
| <b>Losa 15</b> | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|                | CM                     | 1816.78  | CM                     | 1588.82  |
|                | CV                     | 1332.576 | CV                     | 985.6    |

Continuación de tabla 15.

| Losas | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |         |
|-------|------------------------|----------|------------------------|---------|
|       | CM                     | 1816.78  | CM                     | 1588.82 |
|       | CV                     | 1332.576 | CV                     | 985.6   |

| Losas | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |         |
|-------|------------------------|----------|------------------------|---------|
|       | CM                     | 1626.31  | CM                     | 1588.82 |
|       | CV                     | 1042.672 | CV                     | 985.6   |

| Losas | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|-------|------------------------|----------|------------------------|----------|
|       | CM                     | 1816.78  | CM                     | 3553.14  |
|       | CV                     | 1332.576 | CV                     | 2698.384 |

| Losas | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|-------|------------------------|----------|------------------------|----------|
|       | CM                     | 1626.31  | CM                     | 3553.14  |
|       | CV                     | 1332.576 | CV                     | 2698.384 |

| Losas | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|-------|------------------------|----------|------------------------|----------|
|       | CM                     | 1816.78  | CM                     | 3553.14  |
|       | CV                     | 1332.576 | CV                     | 2698.384 |

| Losas | a (kg/m <sup>2</sup> ) |          | b (kg/m <sup>2</sup> ) |          |
|-------|------------------------|----------|------------------------|----------|
|       | CM                     | 1626.31  | CM                     | 3553.14  |
|       | CV                     | 1332.576 | CV                     | 2698.384 |

Fuente: elaboración propia

- Cálculo de momentos

Fórmulas:

$$M_{(-)} = C_{(-)} * CU * a^2$$

$$M_{(+)} = C_{(CM)} * CM * a^2 + C_{(CV)} * CV * a^2$$

Donde:

$C_{(-)}$  = Coeficiente para momentos negativos en losas (anexo C)

$C_{(CM)}$  = Coeficiente para momentos positivos debidos a carga muerta en losas (anexo C)

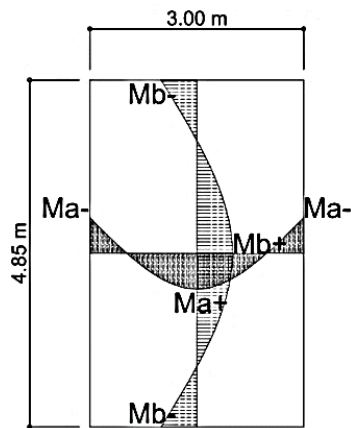
$C_{(CV)}$  = Coeficiente para momentos positivos debidos a carga viva en losas (anexo C)

$a$  = Dimensión del lado considerado de la losa

CM = Carga muerta última

CV = Carga viva última

**Figura 28. Losa 1 (caso 2)**



Fuente: elaboración propia

$$m = 0.62$$

$$Ma- = 0.081 * (1,636.82 + 1,058.67) * 3^2$$

$$Ma- = 1,965.02 \text{ kg*m}$$

$$Ma+ = 0.034 * 1,636.82 * 3^3 + 0.058 * 1,058.67 * 3^2$$

$$Ma+ = 1,053.50 \text{ kg*m}$$

$$Mb- = 0.010 * (2,068.34 + 1,715.46) * 4.85^2$$

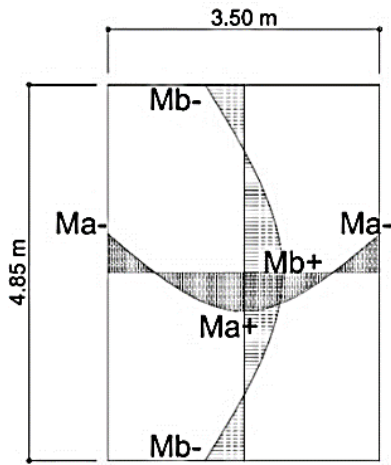
$$Mb- = 890.04 \text{ kg*m}$$

$$Mb+ = 0.004 * 2,068.34 * 4.85^2 + 0.007 * 1,715.46 * 4.85^2$$

$$4.85^2$$

$$Mb+ = 477.07 \text{ kg*m}$$

**Figura 29. Losa 2 (caso 2)**



Fuente: elaboración propia

$$m = 0.72$$

$$Ma- = 0.074 * (1,707.16 + 1,165.72) * 3.50^2$$

$$Ma- = 2,604.25 \text{ kg*m}$$

$$Ma+ = 0.030 * 1,707.16 * 3.50^3 + 0.049 * 1,165.71 * 3.50^2$$

$$Ma+ = 1,327.10 \text{ kg*m}$$

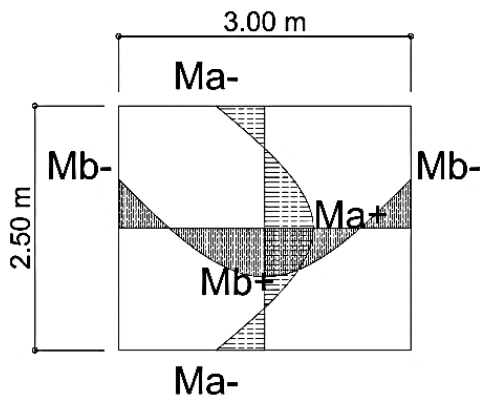
$$Mb- = 0.017 * (2,111.69 + 1,781.44) * 4.85^2$$

$$Mb- = 1,556.79 \text{ kg*m}$$

$$Mb+ = 0.007 * 2,111.69 * 4.85^2 + 0.012 * 1,781.44 * 4.85^2$$

$$Mb+ = 850.55 \text{ kg*m}$$

**Figura 30. Losa 10 (caso 2)**



Fuente: elaboración propia

$$m = 0.62$$

$$Ma- = 0.074 * (1,816.78 + 1,332.77) * 2.50^2$$

$$Ma- = 1,1456.66 \text{ kg*m}$$

$$Ma+ = 0.030 * 1,816.78 * 2.50^3 + 0.049 * 1,332.77 * 2.50^2$$

$$Ma+ = 748.81 \text{ kg*m}$$

$$Mb- = 0.017 * (1,588.82 + 985.60) * 3.50^2$$

$$Mb- = 536.12 \text{ kg*m}$$

$$Mb+ = 0.007 * 1,588.82 * 3.50^2 + 0.010 * 985.60 * 3.50^2 = 256.98 \text{ kg*m}$$

Se realizó el mismo procedimiento para el resto de las losas, a continuación, se muestra el resumen de los momentos en kg\*m.

**Tabla 16. Resumen de momentos en losas**

|               |              |               |                |
|---------------|--------------|---------------|----------------|
| <b>Losa 1</b> | $m_1 = 0.62$ | Ma- = 1965.02 | Ma+ = 1053.495 |
|               | a = 3.00     | Mb- = 890.04  | Mb+ = 477.0732 |
|               | b = 4.85     |               |                |
| <b>Losa 2</b> | $m_2 = 0.72$ | Ma- = 2604.25 | Ma+ = 1327.098 |
|               | a = 3.50     | Mb- = 1556.79 | Mb+ = 850.5523 |
|               | b = 4.85     |               |                |
| <b>Losa 3</b> | $m_3 = 0.72$ | Ma- = 2623.41 | Ma+ = 1771.719 |
|               | a = 3.50     | Mb- = 2112.82 | Mb+ = 870.9669 |
|               | b = 4.85     |               |                |
| <b>Losa 4</b> | $m_4 = 0.79$ | Ma- = 2001.28 | Ma+ = 1419.726 |
|               | a = 3.85     | Mb- = 3252.76 | Mb+ = 1298.108 |
|               | b = 4.85     |               |                |
| <b>Losa 5</b> | $m_5 = 0.62$ | Ma- = 1965.02 | Ma+ = 1053.495 |
|               | a = 3.00     | Mb- = 903.54  | Mb+ = 484.9177 |
|               | b = 4.85     |               |                |
| <b>Losa 6</b> | $m_6 = 0.72$ | Ma- = 2854.89 | Ma+ = 1467.544 |
|               | a = 3.50     | Mb- = 1513.08 | Mb+ = 824.7901 |
|               | b = 4.85     |               |                |
| <b>Losa 7</b> | $m_7 = 0.72$ | Ma- = 2604.25 | Ma+ = 1327.098 |
|               | a = 3.50     | Mb- = 1523.40 | Mb+ = 836.8001 |
|               | b = 4.85     |               |                |
| <b>Losa 8</b> | $m_8 = 0.62$ | Ma- = 1965.02 | Ma+ = 1053.495 |
|               | a = 3.00     | Mb- = 915.76  | Mb+ = 492.0162 |
|               | b = 4.85     |               |                |
| <b>Losa 9</b> | $m_9 = 0.83$ | Ma- = 1434.58 | Ma+ = 806.1869 |
|               | a = 2.50     | Mb- = 139.02  | Mb+ = 64.08043 |
|               | b = 3.00     |               |                |

Continuación de tabla 16.

|                |                 |               |                |
|----------------|-----------------|---------------|----------------|
| <b>Losa 10</b> | $m_{10} = 0.71$ | Ma- = 1456.66 | Ma+ = 440.6031 |
|                | a = 2.50        | Mb- = 536.12  | Mb+ = 776.1425 |
|                | b = 3.50        |               |                |
| <b>Losa 11</b> | $m_{11} = 0.71$ | Ma- = 1456.58 | Ma+ = 748.7469 |
|                | a = 2.50        | Mb- = 536.12  | Mb+ = 281.1249 |
|                | b = 3.50        |               |                |
| <b>Losa 12</b> | $m_{12} = 0.83$ | Ma- = 895.32  | Ma+ = 451.6261 |
|                | a = 2.50        | Mb- = 436.05  | Mb+ = 230.8704 |
|                | b = 3.00        |               |                |
| <b>Losa 13</b> | $m_{13} = 0.65$ | Ma- = 1176.65 | Ma+ = 639.0001 |
|                | a = 2.50        | Mb- = 521.23  | Mb+ = 296.8127 |
|                | b = 3.85        |               |                |
| <b>Losa 14</b> | $m_{14} = 0.83$ | Ma- = 1206.32 | Ma+ = 607.4565 |
|                | a = 2.50        | Mb- = 436.05  | Mb+ = 230.8704 |
|                | b = 3.00        |               |                |
| <b>Losa 15</b> | $m_{15} = 0.71$ | Ma- = 1456.58 | Ma+ = 748.7469 |
|                | a = 2.50        | Mb- = 536.12  | Mb+ = 281.1249 |
|                | b = 3.50        |               |                |
| <b>Losa 16</b> | $m_{16} = 0.71$ | Ma- = 1456.58 | Ma+ = 748.7469 |
|                | a = 2.50        | Mb- = 536.12  | Mb+ = 281.1249 |
|                | b = 3.50        |               |                |
| <b>Losa 17</b> | $m_{17} = 0.83$ | Ma- = 1084.27 | Ma+ = 531.4604 |
|                | a = 2.50        | Mb- = 625.59  | Mb+ = 308.0904 |
|                | b = 3.00        |               |                |
| <b>Losa 18</b> | $m_{18} = 0.88$ | Ma- = 2314.77 | Ma+ = 1138.122 |
|                | a = 3.50        | Mb- = 3100.76 | Mb+ = 1502.512 |
|                | b = 4.00        |               |                |

Continuación de tabla 16.

|                |                 |                  |                   |
|----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| <b>Losa 19</b> | $m_{19} = 0.88$ | $Ma^- = 2174.78$ | $Ma^+ = 1082.126$ |
|                | $a = 3.50$      | $Mb^- = 3100.76$ | $Mb^+ = 1502.512$ |
|                | $b = 4.00$      |                  |                   |
| <b>Losa 20</b> | $m_{20} = 0.88$ | $Ma^- = 2314.77$ | $Ma^+ = 1138.122$ |
|                | $a = 3.50$      | $Mb^- = 3100.76$ | $Mb^+ = 1502.512$ |
|                | $b = 4.00$      |                  |                   |
| <b>Losa 21</b> | $m_{21} = 0.88$ | $Ma^- = 2174.78$ | $Ma^+ = 1082.126$ |
|                | $a = 3.50$      | $Mb^- = 3100.76$ | $Mb^+ = 1502.512$ |
|                | $b = 4.00$      |                  |                   |

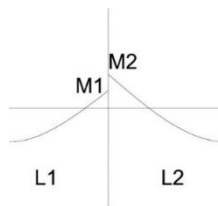
Fuente: elaboración propia

- Balance de momentos

Cuando los momentos negativos de un lado en común de las losas no son de la misma magnitud se deben balancear antes de proceder a diseñar los refuerzos que requiere.

Según el código ACI recomienda el procedimiento siguiente

**Figura 31. Momentos a balancear**



Fuente: elaboración propia

Donde:

$$M_2 > M_1$$

$$\text{Si } M_1 > 0.8 * M_2; \text{ entonces, } M_B = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Si  $M_1 < 0.8 * M_2$ ; entonces,  $M_B$  = Método de rigidez

$$M_1 + (M_2 - M_1) * D_1 = M_2 - (M_2 - M_1) * D_2$$

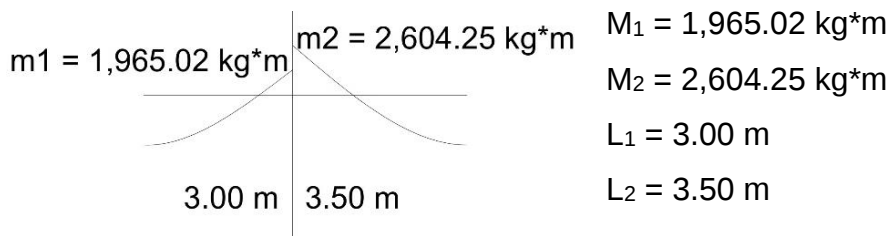
$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad K_1 = \frac{1}{L_1}$$

$M_1$  = Momento menor,  $M_2$  = momento mayor

$K_1$  y  $K_2$  = Rigideces de losas 1 y 2

$D_1$  y  $D_2$  = Factores de distribución de losas 1 y 2

**Figura 32. Balance de momentos de losa 1 y 2**



Fuente: elaboración propia

$$0.8 * M_2 = 2,083.33 \text{ kg}\cdot\text{m} \text{ -- método de rigidez}$$

$$K_1 = \frac{1}{3} = 0.333 \quad K_2 = \frac{1}{3.50} = 0.286$$

$$D_1 = \frac{0.333}{0.333 + 0.286} = 0.54 \quad D_2 = \frac{0.286}{0.333 + 0.286} = 0.462$$

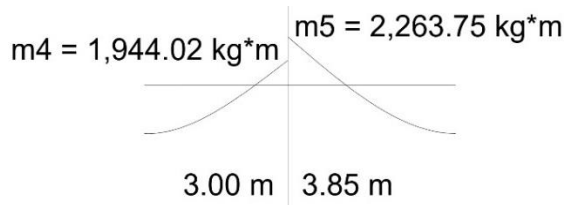
$$M_1 + (M_2 - M_1) * D_1 = M_2 - (M_2 - M_1) * D_2$$

$$1965.02 + (2604.25 - 1965.02) * 0.54 = 2604.25 - (2604.25 - 1965.02) * 0.462$$

$$-2,260.05 = 2,260.05$$

$$M_B = 2,349.42 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

**Figura 33. Balance de momentos de losa 4 y 5**



Fuente: elaboración propia

$$M_4 = 1,944.02 \text{ kg*m}$$

$$M_5 = 2,263.75 \text{ kg*m}$$

$$L_4 = 3.00 \text{ m}$$

$$L_5 = 3.85 \text{ m}$$

$$0.8 * M_5 = 1,787.43 \text{ kg*m}$$

método de promedio

$$M_B = \frac{1,944.02 + 2,263.75}{2} = 2,103.88 \text{ kg*m}$$

Se realizó el mismo proceso para el resto de las losas, a continuación, se muestra el resumen; momentos(m) en kg\*m.

**Tabla 17. Momentos de losas balanceados**

|     |                                                  |                           |               |
|-----|--------------------------------------------------|---------------------------|---------------|
| 1-2 | $m_1 = 2604.25$                                  | $K_1 = 0.333$             | $D_1 = 0.538$ |
|     | $m_2 = 1965.02$                                  | $K_2 = 0.286$             | $D_2 = 0.462$ |
|     | $0.80 * M_{\max} = 2083.40$<br>Método = rigidez  | MB MB<br>-2260.05 2260.05 |               |
| 2-3 | $m_2 = 2623.41$                                  | MB = 2613.833             |               |
|     | $m_3 = 2604.25$                                  |                           |               |
|     | $0.80 * M_{\max} = 2098.73$<br>Método = Promedio |                           |               |
| 4-5 | $m_4 = 2001.28$                                  | MB = 1983.151             |               |
|     | $m_5 = 1965.02$                                  |                           |               |
|     | $0.80 * M_{\max} = 1601.03$<br>Método = Promedio |                           |               |
| 5-6 | $m_5 = 2854.89$                                  | $K_5 = 0.333$             | $D_5 = 0.538$ |
|     | $m_6 = 1965.02$                                  | $K_6 = 0.286$             | $D_6 = 0.462$ |
|     | $0.80 * M_{\max} = 2283.91$<br>Método = Rigidez  | MB MB<br>-2375.73 2375.73 |               |

Continuación de tabla 17.

|        |                                                  |                  |                  |
|--------|--------------------------------------------------|------------------|------------------|
| 6-7    | $m_6 = 2854.89$                                  | MB = 2729.571    |                  |
|        | $m_7 = 2604.25$                                  |                  |                  |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 2283.91$<br>Método = Promedio |                  |                  |
| 7-8    | $m_7 = 2604.25$                                  | $K_7 = 0.286$    | $D_7 = 0.462$    |
|        | $m_8 = 1965.02$                                  | $K_8 = 0.333$    | $D_8 = 0.538$    |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 2083.40$<br>Método = Rigidez  | MB -2309.22      | MB 2309.22       |
| 9-10   | $m_9 = 536.12$                                   | $K_9 = 0.333$    | $D_9 = 0.538$    |
|        | $m_{10} = 139.02$                                | $K_{10} = 0.286$ | $D_{10} = 0.462$ |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 428.90$<br>Método = Rigidez   | MB -322.30       | MB 322.30        |
| 10-11. | $m_{10} = 536.12$                                | MB = 536.124     |                  |
|        | $m_{11} = 536.12$                                |                  |                  |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 428.90$<br>Método = Promedio  |                  |                  |
| 11-12  | $m_{11} = 536.12$                                | MB = 486.084     |                  |
|        | $m_{12} = 436.05$                                |                  |                  |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 428.90$<br>Método = Promedio  |                  |                  |
| 12-13. | $m_{12} = 521.23$                                | MB = 478.639     |                  |
|        | $m_{13} = 436.05$                                |                  |                  |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 416.99$<br>Método = Promedio  |                  |                  |
| 13-14  | $m_{13} = 521.23$                                | MB = 478.639     |                  |
|        | $m_{14} = 436.05$                                |                  |                  |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 416.99$<br>Método = Promedio  |                  |                  |

Continuación de tabla 17.

|       |                                                  |                                   |                                   |
|-------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 14-15 | $m_{14} = 536.12$<br>$m_{15} = 436.05$           | MB = 486.084                      |                                   |
|       | $0.80 * M_{\max} = 428.90$<br>Método = Promedio  |                                   |                                   |
| 15-16 | $m_{15} = 536.12$<br>$m_{16} = 536.12$           | MB = 536.124                      |                                   |
|       | $0.80 * M_{\max} = 428.90$<br>Método = Promedio  |                                   |                                   |
| 16-17 | $m_{16} = 625.59$<br>$m_{17} = 536.12$           | MB = 580.854                      |                                   |
|       | $0.80 * M_{\max} = 500.47$<br>Método = Promedio  |                                   |                                   |
| 1-9   | $m_1 = 1434.58$<br>$m_9 = 890.04$                | $K_1 = 0.206$<br>$K_9 = 0.400$    | $D_1 = 0.340$<br>$D_9 = 0.660$    |
|       | $0.80 * M_{\max} = 1147.66$<br>Método = Rigidez  | MB MB<br>-1249.36 1249.36         |                                   |
| 2-10  | $m_2 = 1556.79$<br>$m_{10} = 1456.66$            | MB = 1506.729                     |                                   |
|       | $0.80 * M_{\max} = 1245.44$<br>Método = Promedio |                                   |                                   |
| 3-11  | $m_3 = 1456.58$<br>$m_{11} = 2112.82$            | MB = 1784.699                     |                                   |
|       | $0.80 * M_{\max} = 1165.26$<br>Método = Promedio |                                   |                                   |
| 4-13  | $m_4 = 3252.76$<br>$m_{13} = 521.23$             | $K_4 = 0.206$<br>$K_{13} = 0.400$ | $D_4 = 0.340$<br>$D_{13} = 0.660$ |
|       | $0.80 * M_{\max} = 2602.21$<br>Método = Rigidez  | MB MB<br>-2323.67 2323.67         |                                   |

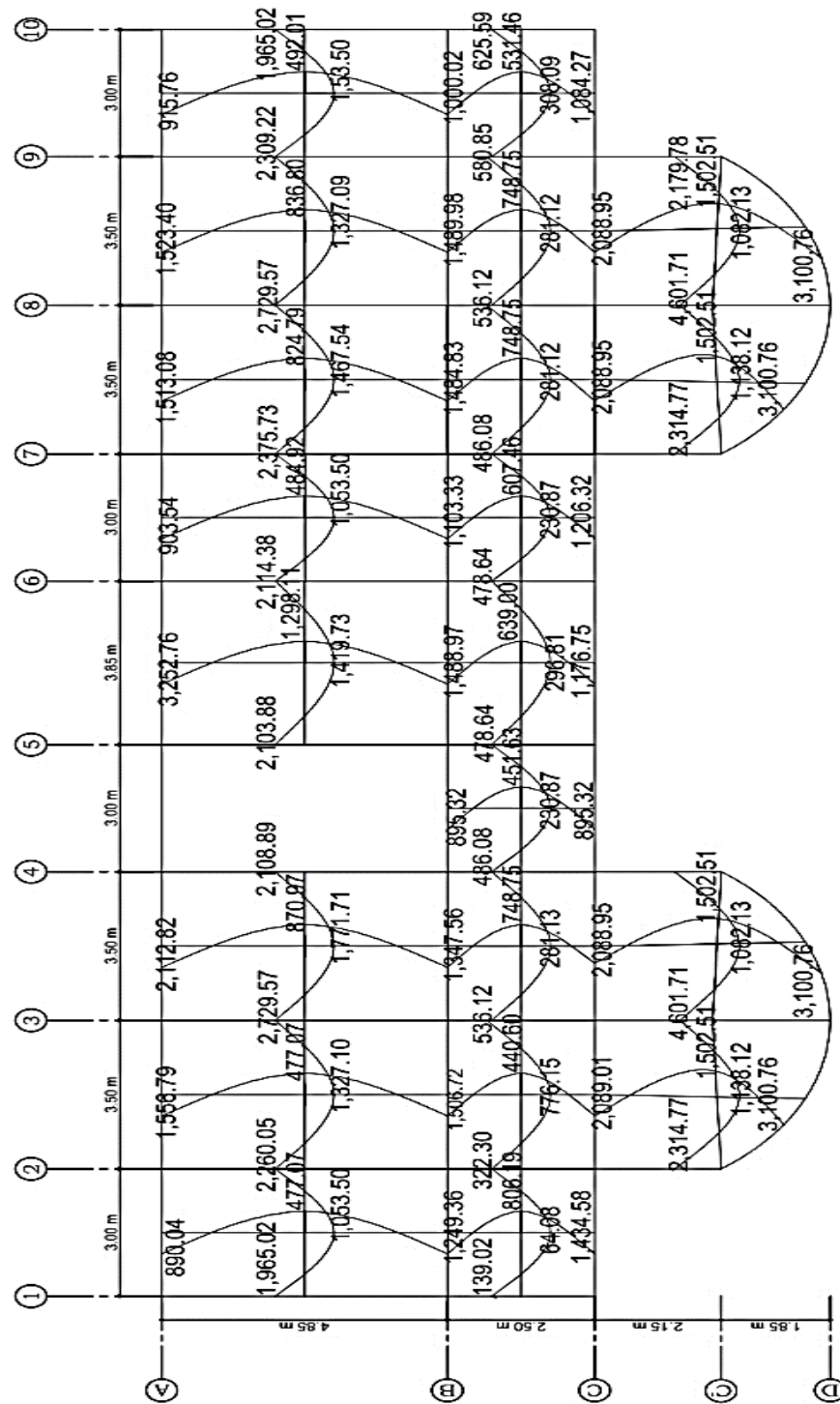
Continuación de tabla 17.

|        |                                                  |                           |                  |
|--------|--------------------------------------------------|---------------------------|------------------|
| 5-14   | $m_5 = 1206.32$                                  | $K_5 = 0.206$             | $D_5 = 0.340$    |
|        | $m_{14} = 903.54$                                | $K_{14} = 0.400$          | $D_{14} = 0.660$ |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 965.06$<br>Método = Rigidez   | MB MB<br>-1103.33 1103.33 |                  |
| 6-15   | $m_6 = 1513.08$                                  | MB = 1484.825             |                  |
|        | $m_{15} = 1456.58$                               |                           |                  |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 1210.46$<br>Método = Promedio |                           |                  |
| 7-16   | $m_7 = 1523.40$                                  | MB = 1489.985             |                  |
|        | $m_{16} = 1456.58$                               |                           |                  |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 1218.72$<br>Método = Promedio |                           |                  |
| 8-17.  | $m_8 = 1084.27$                                  | MB = 1000.018             |                  |
|        | $m_{17} = 915.76$                                |                           |                  |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 867.42$<br>Método = Promedio  |                           |                  |
| 10-18. | $m_{10} = 3100.76$                               | $K_{10} = 0.400$          | $D_{10} = 0.615$ |
|        | $m_{18} = 1456.66$                               | $K_{18} = 0.250$          | $D_{18} = 0.385$ |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 2480.60$<br>Método = Rigidez  | MB MB<br>-2089.01 2089.01 |                  |
| 11-19. | $m_{11} = 3100.76$                               | $K_{11} = 0.400$          | $D_{11} = 0.615$ |
|        | $m_{19} = 1456.58$                               | $K_{19} = 0.250$          | $D_{19} = 0.385$ |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 2480.60$<br>Método = Rigidez  | MB MB<br>-2088.95 2088.95 |                  |
| 15-20  | $m_{15} = 3100.76$                               | $K_{15} = 0.400$          | $D_{15} = 0.615$ |
|        | $m_{20} = 1456.58$                               | $K_{20} = 0.250$          | $D_{20} = 0.385$ |
|        | 0.80 * $M_{\max} = 2480.60$<br>Método = Rigidez  | MB MB<br>-2088.95 2088.95 |                  |

Continuación de tabla 17.

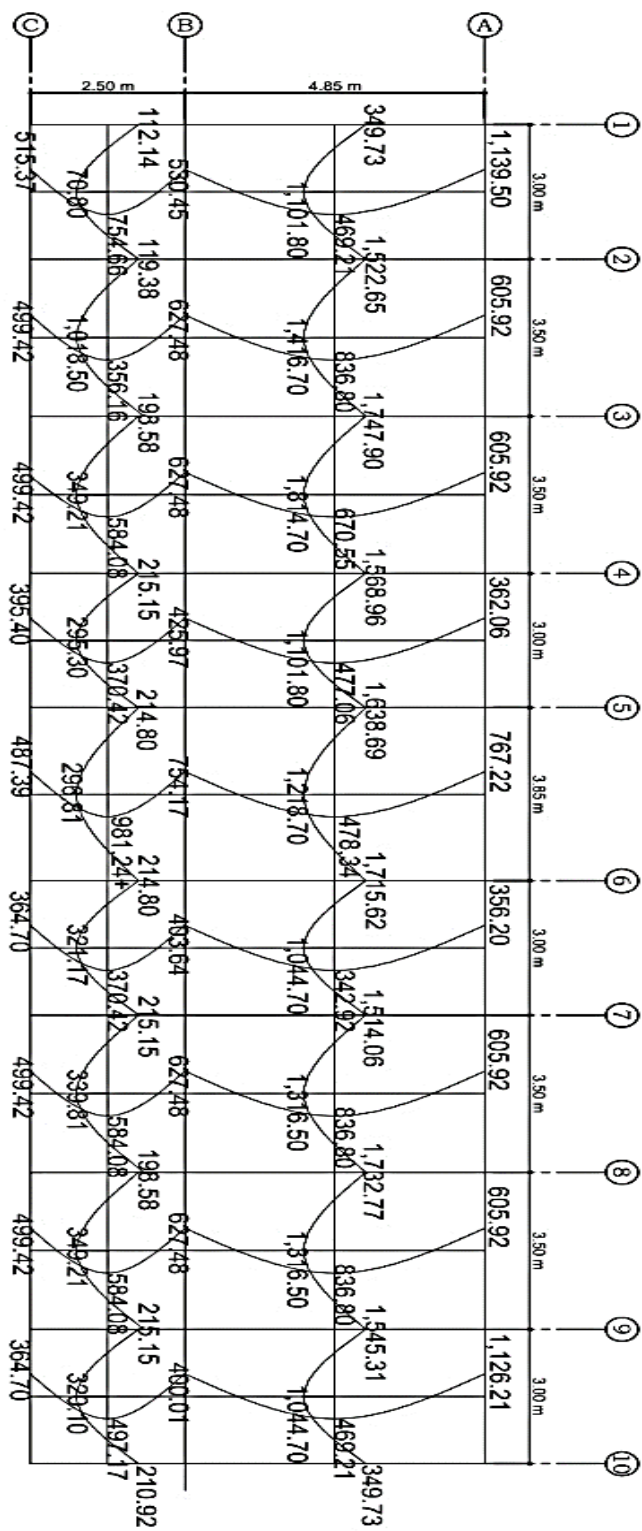
|       |                                                 |                           |                  |
|-------|-------------------------------------------------|---------------------------|------------------|
| 16-21 | $m_{16} = 3100.76$                              | $K_{16} = 0.400$          | $D_{16} = 0.615$ |
|       | $m_{21} = 1456.58$                              | $K_{21} = 0.250$          | $D_{21} = 0.385$ |
|       | $0.80 * M_{\max} = 2480.60$<br>Método = Rigidez | MB MB<br>-2088.95 2088.95 |                  |

Figura 34. Momentos balanceados ( $\text{kg}\cdot\text{m}$ ) primer nivel



Fuente: elaboración propia

Figura 35. Momentos balanceados ( $\text{kg}\cdot\text{m}$ ) segundo nivel



Fuente: elaboración propia

Para el cálculo de refuerzo de acero en los dos niveles se realizó lo siguiente

#### 2.7.1.1. Acero mínimo

Se define el área de acero mínimo y el momento que resiste, luego calcular el acero de refuerzo para los momentos mayores al que resiste el acero mínimo.

Datos:

$f_y$  = Resistencia al acero = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

$f'_c$  = Resistencia del concreto = 281 kg/cm<sup>2</sup>

$t_{losa}$  = Espesor de losa = 0.13 m

$b$  = Franja unitaria = 100 cm

$rec$  = Recubrimiento = 3.00 cm

$\varnothing_{refuerzo}$  = Diámetro de varilla = 1/2 "

$d$  = Peralte efectivo =  $t_{losa} - rec - \varnothing/2$

$$d = 12 - 3 - \frac{1.27}{2} = 8.37 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$$

$$A_{smin} = 40\% * \rho_{min} * b * d$$

Donde:

$$\rho_{min} = \frac{14.1}{f_y}$$

$$A_{smin} = 0.4 * \frac{14.1}{4200} * 100 * 8 = 1.07 \text{ cm}^2$$

Para la separación de varillas No. 4 ( $A_s = 1.27 \text{ cm}^2$ ) se aplicó la regla de tres de la siguiente función. Tabla de diámetros de varilla en anexo D.

$$1.07 \text{ cm}^2 \text{ ---- } 100 \text{ cm}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \text{ ---- } S$$

$$S = \frac{1.27 * 100}{1.07} = 117.92 \text{ cm}$$

La separación máxima de varillas que el ACI permite es de dos veces el espesor de la losa lo cual da en este caso  $2t = 26 \text{ cm}$ .

Debido a que la separación para tener acero mínimo es mayor que la separación máxima, se tomó separación de  $S = 30 \text{ cm}$ .

Se procede a calcular el momento que resiste el acero mínimo

$$M_{ASmin} = \phi * \left( A_s * f_y * \left( d - \frac{A_s * f_y}{1.7 * f'_c * b} \right) \right)$$

$$M_{ASmin} = 1.27 * \left( 1.61 * 4200 * \left( 8 - \frac{1.61 * 4200}{1.7 * 281 * 100} \right) \right)$$

$$M_{ASmin} = 45,300.68 \text{ kg*cm} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 453.01 \text{ kg*m}$$

Para los momentos menores que  $M_{ASmin}$  se utilizó varilla #4 con una separación de  $S = 30 \text{ cm}$ .

#### 2.7.1.2. Acero máximo

Para determinar el área de acero máximo se utilizó la ecuación:

$$A_{smax} = \rho_{min} * b * d * 40\%$$

Donde:

$$\rho_{\min} = \left( \frac{0.85 * f'_c * \beta * \epsilon_s}{f_y} \right) * \left( \frac{0.003}{0.003 * \epsilon_s + f_y} \right)$$

$$\beta = \begin{array}{ll} 0.75 & \text{Tensión} \\ 0.85 & \text{Compresión} \\ 0.90 & \text{Flexión} \end{array}$$

$$\epsilon_s = 2.1 * 10^6$$

$$\rho_{\min} = \left( \frac{0.85 * 281 * 0.85 * (2.1 * 10^6)}{4200} \right) * \left( \frac{0.003}{0.003 * (2.1 * 10^6) + 2810} \right) = 0.029$$

$$A_{s\max} = 0.0290 * 100 * 8 * 0.40 = 9.28 \text{ cm}^2$$

Calculando la separación entre las varillas

$$9.28 \text{ cm}^2 \text{ ---- } 100 \text{ cm}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \text{ ---- } S$$

$$S = \frac{1.27 * 100}{9.28} = 13.68 \text{ cm}$$

### 2.7.1.3. Acero requerido

Para los momentos mayores que el  $M_{As\min}$  se armará como indica el cálculo siguiente:

$$A_{S\text{req}} = \left( b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right) * 0.85 * \frac{f'_c}{f_y}$$

Donde:

$M_u$  = Momento último (kg\*m) = 3,252.76 kg\*m

$b$  = 100 cm

$d$  = 8 cm

$f'_c$  = 281 kg/cm<sup>2</sup>

$f_y$  = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

$A_{Sreq}$  = Área de acero requerida por elemento

$$A_{Sreq} = \left( 100 * 8 - \sqrt{(100 * 8)^2 - \frac{3,252.76 * 100}{0.003825 * 281}} \right) * 0.85 * \frac{281}{4200} = 12.46 \text{ cm}^2$$

Calculando la separación entre las varillas

$$12.46 \text{ cm}^2 \text{ ---- } 100 \text{ cm}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \text{ ---- } S$$

$$S = \frac{1.27 * 100}{12.46} = 10.16 \text{ cm}$$

La separación entre varillas es muy pequeña y el área de acero es mayor que el acero máximo necesario, por lo que se utilizó el área de acero máximo para momentos mayores que el  $M_{ASmin}$ .

#### **2.7.1.4. Propuesta de armado**

Para determinar la propuesta de armado es necesario conocer el esfuerzo de corte que resiste el concreto, para verificar si el espesor de la losa es el correcto.

Para ello se verifica si  $V_{res} > V_{max}$

Donde:

$$V_{max} = \text{Corte máximo} = \frac{CUT * L}{2}$$
$$V_{max} = \frac{2717.83 * 4.85}{2} = 6,590.75 \text{ kg}$$

$$V_{res} = \text{Corte máximo resistente} = 0.53 * \phi * b * d * \sqrt{f_c}$$
$$V_{res} = 0.53 * 1.27 * 100 * 8 * \sqrt{281} = 9,026.57 \text{ kg}$$

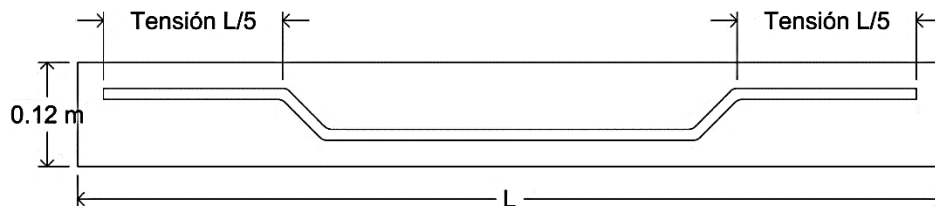
Entonces  $V_{res} > V_{max}$

$9,026.57 > 6,590.75$  el espesor de la losa propuesto es el adecuado.

El armado de losa se propone de la siguiente manera:

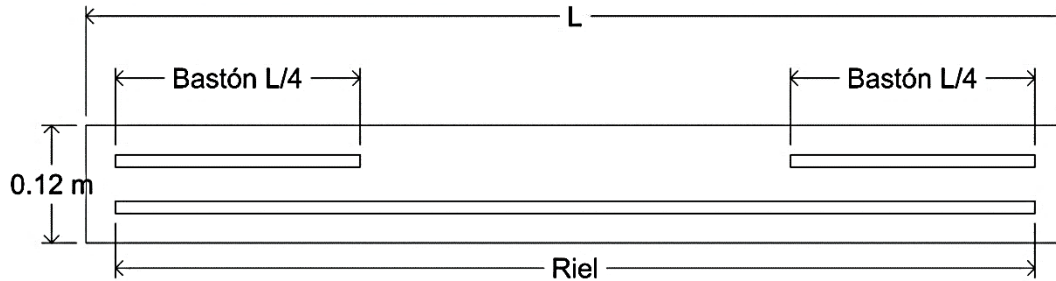
Se colocan bastones tanto en el sentido largo como en el corto, separadas a 30 cm en la cama superior. Entre cada bastón y justo a la mitad van las tensiones en la cama superior; tanto en sentido largo como en el corto. En la cama inferior justo debajo de los bastones se ponen los rieles; en ambos sentidos, separadas a 30 cm.

**Figura 36. Propuesta de armado de losa, corte transversal**



Fuente: elaboración propia

**Figura 37. Propuesta de armado de losa**



Fuente: elaboración propia

### 2.7.2. Diseño de vigas

Las vigas son elementos fundamentales en la construcción, por su capacidad de sostener y contener pesos y tensiones.

Para un diseño homogéneo en la edificación se tomó como base los datos de la viga crítica, que es la viga D-E del primer nivel en el eje Y.

Datos:

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Sección} = 15 \times 30 \text{ cm}$$

$$M_{(-)1} = 4,218.67 \text{ kg}\cdot\text{m} \rightarrow (\text{figura 16})$$

$$M_{(-)2} = 9,250.56 \text{ kg}\cdot\text{m} \rightarrow (\text{figura 16})$$

$$M_{(+)} = 4,498.22 \text{ kg}\cdot\text{m} \rightarrow (\text{figura 16})$$

$$V_u = 6,946.69 \text{ kg} \rightarrow (\text{figura 22})$$

$$rec_{\min} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{peralte } (d) = h - rec_{\min} = 30 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 27 \text{ cm}$$

### 2.7.2.1. Acero mínimo

El área de acero mínimo no debe exceder al esfuerzo a flexión en una viga; si en caso todas las vigas necesitan un refuerzo menor al mínimo, se reduce la sección de la viga propuesta.

$$A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

Donde:

$$\rho_{min} = \frac{14.1}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14.1}{4200} * 15 * 27 = 1.36 \text{ cm}^2$$

### 2.7.2.2. Acero máximo

Si las secciones demandan un refuerzo mayor al  $A_{smax}$ , es necesario rediseñar los elementos, para que sean capaces de resistir las cargas actuantes.

$$A_{smax} = \rho_{bal} * b * d * 50\%$$

Donde:

$$\rho_{bal} = \left( \frac{0.85 * f'_c * \beta}{f_y} \right) * \left( \frac{6115}{6115 + f_y} \right)$$

$$\beta = 0.85$$

$$\rho_{bal} = \left( \frac{0.85 * 281 * 0.85}{4,200} \right) * \left( \frac{6115}{6115 + 2810} \right) = 0.02866$$

$$A_{smax} = 0.02866 * 15 * 27 * 0.50 = 5.80 \text{ cm}^2$$

### 2.7.2.3. Acero requerido

Se calculó en cada momento de la viga con la siguiente ecuación:

$$A_{Sreq} = \left( (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right) * 0.85 * \frac{f'_c}{f_y}$$

Donde:

$M_u$  = Momento último (kg\*m)

$A_{Sreq}$  = Área de acero requerida por elemento

As para  $M_{(-)1} = 4,218.67 \text{ kg*m}$

$$A_{Sreq} = \left( (15 * 27) - \sqrt{(15 * 27)^2 - \frac{4,218.67 * 15}{0.003825 * 281}} \right) * 0.85 * \frac{281}{4200} = 4.59 \text{ cm}^2$$

As para  $M_{(-)2} = 9,250.56 \text{ kg*m}$

$$A_{Sreq} = \left( (15 * 27) - \sqrt{(15 * 27)^2 - \frac{9,250.56 * 15}{0.003825 * 281}} \right) * 0.85 * \frac{281}{4200} = 12.4 \text{ cm}^2$$

As para  $M_{(+)} = 4,498.22 \text{ kg*m}$

$$A_{Sreq} = \left( (15 * 27) - \sqrt{(15 * 27)^2 - \frac{4,498.22 * 15}{0.003825 * 281}} \right) * 0.85 * \frac{281}{4200} = 4.94 \text{ cm}^2$$

#### 2.7.2.4. Propuesta de armado

Para el armado final de la viga, se deben cumplir con los siguientes requisitos sísmicos, según el código ACI-318, 2008, cap. 21:

En el refuerzo de la cama superior al centro se debe colocar como mínimo dos varillas o más corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_s$  mínimo o 33% del  $A_s$  mayor calculado para el momento negativo. El refuerzo en la cama inferior en los apoyos se debe colocar, como mínimo, dos varillas o más de acero corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_{smin}$ ; 50% del  $A_s$  mayor calculado para el momento positivo; 50% del  $A_s$  calculado para el momento negativo.

- Cama superior:

$$A_{smin} = 2.48 \text{ cm}^2$$

$$33\% A_s(-)\text{mayor} = 0.33 * 7.24 = 2.39 \text{ cm}^2$$

Se usa  $2.48 \text{ cm}^2$  que se cumple con 2 #4 y hace un total de  $2.54 \text{ cm}^2$ .

La diferencia entre  $2.48 \text{ cm}^2$  y  $2.54 \text{ cm}^2$  es de  $0.06 \text{ cm}^2$  que se complementa con 1 bastón número 4 y área de  $1.27 \text{ cm}^2$ .

El armado final de la cama superior de la viga es de: 3 varillas #4.

- Cama inferior:

$$A_{smin} = 2.48 \text{ cm}^2$$

$$50\% A_s(+) = 0.50 * 3.35 = 1.67 \text{ cm}^2$$

$$50\% A_s(-)_{\text{mayor}} = 0.50 * 7.24 = 3.62 \text{ cm}^2$$

Se usa 3.62 cm<sup>2</sup> que se cumple con 2 #5 y hace un total de 3.98 cm<sup>2</sup>.

La diferencia entre 3.62 cm<sup>2</sup> y 3.98 cm<sup>2</sup> es de 0.36 cm<sup>2</sup> que se complementa con 2 varillas número 3 y área de 1.42 cm<sup>2</sup>.

El armado final de la cama inferior de la viga es de: 2 varillas #4 + 2 varilla #3.

- Acero transversal

Los objetivos de colocar acero transversal son: por armado, manteniendo el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para contrarrestar los esfuerzos de corte, esto último en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función (Siguí, 2008, p. 61).

El procedimiento para el diseño del refuerzo de acero transversal es el siguiente:

Se determina el corte que resiste el concreto ( $V_R$ ) con la formula

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d = 0.85 * 0.53 * \sqrt{281} * 20 * 37$$

$$V_R = 5,588.30 \text{ kg}$$

$$V_U = 6,946.69 \text{ kg}$$

Si la comparación del corte que resiste el concreto  $V_R$  con el corte último  $V_U$ , se obtiene  $V_R \geq V_U$ , la viga necesita estribos solo por armado; y el espaciamiento de estos es,  $S_{\max} = d/2$ , usando como mínimo varilla No. 3. Si se obtiene  $V_R \leq V_U$ , se diseñan los estribos por corte con las siguientes ecuaciones:

$$V_S = V_U - V_R \quad V_a = \frac{V_S}{b * d} \quad S = \frac{2A_v * f_y}{V_a}$$

Donde:

$V_U$  = Corte último en kg

$V_R$  = Corte que resiste el concreto en kg

$d$  = Recubrimiento en cm

$b$  = Base de viga en cm

$A_v$  = Área de la varilla en  $\text{cm}^2$

$S$  = Espaciamiento

En esta viga la comparación es  $V_R < V_U$  entonces se necesita refuerzo transversal (estribos) por corte.

- Esfuerzo de corte

$$V_a = \frac{V_U}{b * d} = \frac{4,346.67}{0.20 * 0.37} = 93,874.13 \text{ kg}$$

Para determinar si hay confinamiento en la viga se debe tener que  $V_a > V_R$ .

En este caso la comparación  $93,874.13 \text{ kg} > 5,588.30 \text{ kg}$  indicando que existe confinamiento en la viga.

- Longitud de confinamiento

$$L_{\text{conf}} = 2 * h = 2 * 40 = 80 \text{ cm}$$

- Separación de confinamiento

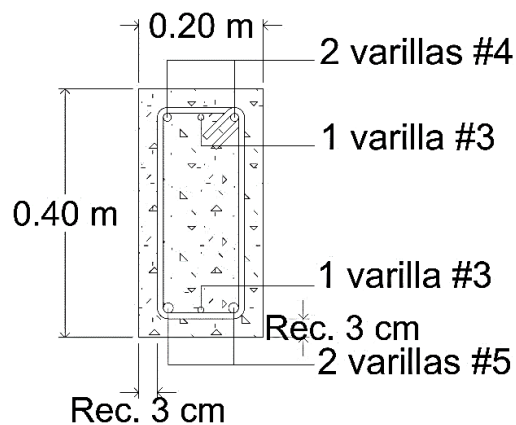
$$S_{\text{conf}} = \frac{d}{4} = \frac{37}{4} = 9.25 \text{ cm} = 9.00 \text{ cm}$$

La separación máxima para el área no confinada se calcula.

$$S_{\text{MAX}} = \frac{d}{2} = \frac{37}{2} = 18.50 \text{ cm} = 15.00 \text{ cm}$$

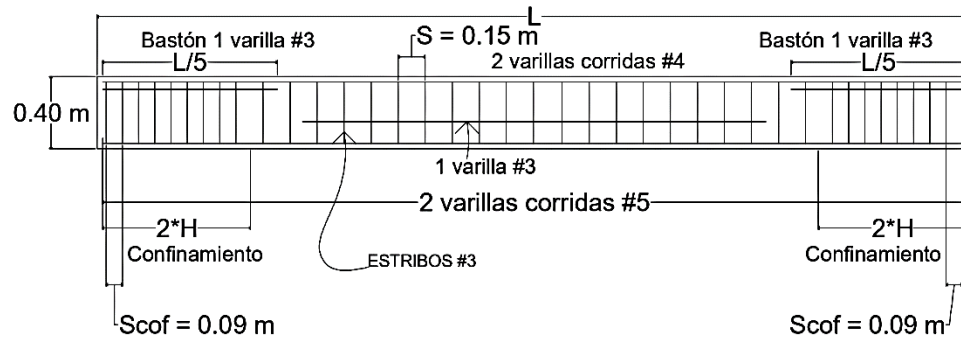
Por motivos de seguridad la separación máxima de los estribos debe ser 15 cm.

**Figura 38. Propuesta de armado de viga, corte transversal, centro de capacitación**



Fuentes: elaboración propia

**Figura 39. Propuesta de armado de viga crítica, corte longitudinal, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

**Tabla 18. Refuerzo de acero para vigas en el centro de capacitación**

| Longitud de viga (m) | Refuerzo longitudinal |            |          | Refuerzo transversal                                               |
|----------------------|-----------------------|------------|----------|--------------------------------------------------------------------|
|                      | Tensión (m)           | Bastón (m) | Riel (m) |                                                                    |
| 4.85                 | 0.97                  | 1.21       | 2.43     | Estribos No. 3 @ 0.09 m en extremos hasta 0.80 m el resto @ 0.15 m |
| 2.50                 | 0.50                  | 0.63       | 1.25     |                                                                    |
| 2.15                 | 0.43                  | 0.54       | 1.08     |                                                                    |
| 3.65                 | 0.73                  | 0.91       | 1.83     |                                                                    |
| 3.70                 | 0.74                  | 0.93       | 1.85     |                                                                    |
| 3.00                 | 0.60                  | 0.75       | 1.50     |                                                                    |
| 3.50                 | 0.70                  | 0.88       | 1.75     |                                                                    |
| 3.85                 | 0.77                  | 0.96       | 1.93     |                                                                    |

Fuente: elaboración propia

### 2.7.3. Diseño de columnas

Las columnas se definen como elementos que sostienen principalmente cargas a compresión. En general, las columnas también soportan momentos flectores con respecto a uno o a los dos ejes de la sección transversal y esta acción de flexión puede producir fuerzas de tensión sobre una parte de la sección

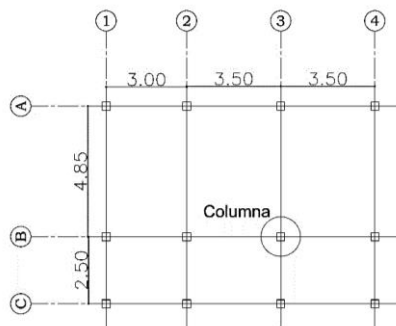
transversal. Aun en estos casos, se hace referencia a las columnas como elementos a compresión puesto que las fuerzas de compresión dominan su comportamiento (Nilson, 2001, p. 241).

El refuerzo con columnas según el código ACI 10.9.2 requiere:

- Un mínimo de cuatro barras longitudinales cuando estas están encerradas por estribos regularmente espaciados un mínimo de seis pulgadas cuando las barras longitudinales están encerradas por un espiral continua.
- El porcentaje de refuerzo longitudinal no debe ser menor que 1% del área transversal total de una columna (código ACI 10.9.1).
- El porcentaje máximo de acero no debe ser mayor que 4% del área transversal total de la columna cuando las varillas van a empalmarse por traslape (código ACI 10.9.1).
- La separación de centro a centro de los estribos no deberá ser mayor que 16 veces el diámetro de las varillas longitudinales (Mc Cormac, 2013, p. 264).

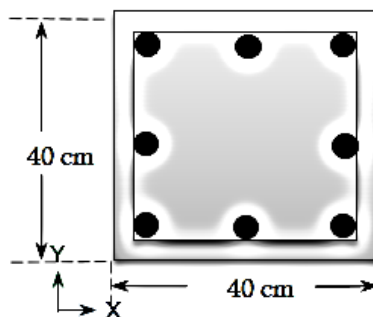
Para este caso se diseña únicamente la columna crítica

**Figura 40. Columna crítica de la edificación, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

**Figura 41. Armado de columna propuesto, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

Datos:

$$A_g = 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1600 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sección vigas} = 20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$$

$$\text{Área tributaria} = 12.87 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{columna}} = 3.50 \text{ m}$$

$$M_x = 11,177.24 \text{ kg}\cdot\text{m} \rightarrow (\text{ver figura 19})$$

$$M_y = 24,074.78 \text{ kg}\cdot\text{m} \rightarrow (\text{ver figura 18})$$

$$V_x = 14,691.79 \text{ kg} \rightarrow (\text{ver figura 26})$$

$$V_y = 15,400.04 \text{ kg} \rightarrow (\text{ver figura 24})$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$Y_c = 2400 \text{ kg/cm}^3$$

$$E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$r_{\text{libre}} = 4 \text{ cm}$$

Tamaño máximo del agregado en el concreto = 3/4"

- Factor de carga última

$$F_{CU} = \frac{CU}{CM + CV}$$

$$CM_U = 1.2 * (W_{\text{acabados}} + W_{\text{losa}} + W_{\text{sobrecarga}} + W_{\text{muros}})$$

$$CM = 70 + 288 + 60 + 750 = 1,188.00 \text{ kg/m}^2$$

$$CM_U = 1.2 * (1,188.00) = 1,425.60 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_U = 1.6 * (W_{\text{viva}})$$

$$CV = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_U = 1.6 * (500) = 800 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = CM_U + CV_U = 1,425.60 + 800 = 2,225.60 \text{ kg/m}^2$$

$$F_{cu} = \frac{2,225.60}{1,188 + 500} = 1.32$$

- Carga axial aplicada a la columna

$$P_u = (A_{\text{trib}} * CU) + (P_{\text{vigas}} * F_{cu})$$

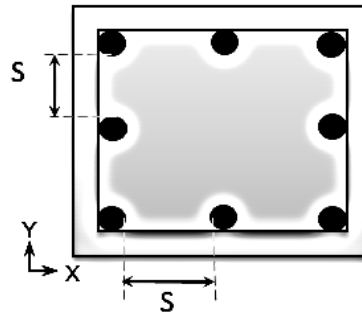
$$P_{\text{vigas}} = L_{\text{vigas}} * \text{sección de viga} * Y_c * 2$$

$$P_{vigas} = \left( \frac{4.85}{2} + \frac{2.50}{2} + \frac{3.50}{2} + \frac{3.50}{2} \right) * 0.20 * 0.40 * 4,200 * 2 = 2,755.20 \text{ kg}$$

$$P_u = (12.87 * 2,225.60) + (2,755.20 * 1.32) = 32,276.16 \text{ kg} = 32.28 \text{ Ton}$$

Se determina si el recubrimiento efectivo y la separación libre entre varillas es la mínima necesaria para el diseño.

**Figura 42. Separación libre entre varillas, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

Datos:

$$\text{Recubrimiento efectivo} = \text{Recubrimiento libre} + \phi_{\text{estribo}} + \frac{\phi_{\text{varilla}}}{2}$$

$$r = 4 + 0.95 + \frac{3.18}{2} = 6.54 \text{ cm}$$

Separación libre entre varillas en ambos sentidos

$$\text{Separación} = \frac{\text{base} - 2 * (r_{\text{libre}} + \phi_{\text{estribo}}) - \# \text{varillas} * (\phi_{\text{varilla}})}{\# \text{espacios entre varillas}}$$

$$\text{Separación (x)} = \frac{40 - 2 * (4 + 0.95) - 3 * 3.18}{2} = 20.56 \text{ cm}$$

$$\text{Separación (y)} = \frac{40 - 2 * (4 + 0.95) - 3 * 3.18}{2} = 20.56 \text{ cm}$$

La separación libre entre varillas debe cumplir las siguientes condiciones:

$$\left. \begin{array}{l} 1.5 \text{ veces el diámetro de la varilla} = 1.5 \varnothing_v \\ 1.5 \text{ veces el tamaño máximo del agregado} = \frac{1.5}{\text{T.M.A}} \\ \text{Mayor que 4 cm} = 4 \text{ cm} \end{array} \right\} \leq S$$

Donde:

$\varnothing_v$  = Diámetro de varilla

TMA = Tamaño máximo de agregado

$$1.5 * \varnothing_{\text{varilla}} = 1.5 * 3.18 = 4.77 \text{ cm}$$

$$1.5 * \text{T.M.A.} = 1.5 * \frac{3}{4} * 2.54 = 2.86 \text{ cm}$$

$$\left. \begin{array}{l} 1.5 \varnothing_{\text{varilla}} = 4.77 \text{ cm} \\ 1.5 \text{ T.M.A} = 2.86 \text{ cm} \\ 4.00 \text{ cm} \end{array} \right\} \geq S$$

La separación libre entre las varillas es la adecuada ya que es mayor que la separación mínima necesaria.

- Cuantía de la columna

Determinada la carga axial aplicada a la columna y conociendo la sección de la misma se procede a calcular la cuantía de la columna.

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} \quad q = \rho * \frac{f_y}{f'_c}$$

Es necesario determinar la resistencia nominal del concreto a compresión y la magnitud del bloque equivalente de esfuerzos del concreto a compresión.

$$f^*_c = 0.8 * f'_c = 0.8 * 281 = 224.80 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''_c = 0.8 * f^*_c = 0.8 * 224.80 = 191.08 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces se tiene

$$\rho = \frac{63.52}{1600} = 0.03970$$

$$q = 0.03970 * \frac{4200}{191.08} = 0.8726188$$

- Carga axial resistencia de diseño

Esta carga axial resistente se diseña suponiendo que  $e_x$  y  $e_y$  tienen un valor igual a 0.

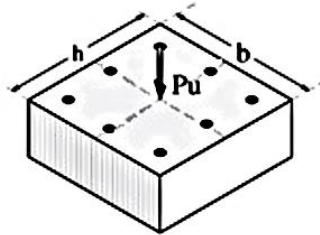
$$P_n = F_r * (f''_c * (A_c) + A_s * F_y)$$

Donde:

$$F_r = 0.70$$

$$A_c = A_g - A_s = 1600 - 63.52 = 1536.48 \text{ cm}^2$$

**Figura 43. Carga axial aplicada a la columna, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

$$P_{ro} = 0.70 * [191.08 * (1536.48) + 63.52 * 4200] = 392,262.22 \text{ kg}$$

- Carga axial resistente aplicada con una excentricidad  $e_x$

$$r = 6.54 \text{ cm}$$

$$d = 40 - 6.54 = 33.46 \text{ cm}$$

$$\frac{d}{h} = \frac{33.46}{40} = 0.837 \rightarrow \text{valor de la gráfica}$$

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{11.18}{32.28} * 100 = 34.63 \text{ cm} \rightarrow \text{excentricidad}$$

$$e_x/h = \frac{34.63}{40} = 0.86575 \rightarrow \text{diagonales}$$

$$q = 0.8726188$$

Se procede a obtener el dato de  $K_x$  a partir de unos diagramas de interacción del libro de Arthur H. Nilson denominado Diseño de Estructuras de Concreto.

$$K_x = 0.22$$

$$Pr_x = K_x * Fr * f'_c * b * h = 0.22 * 0.7 * 281 * 40 * 40 = 69,238.40 \text{ kg}$$

- Carga axial resistente aplicada con una excentricidad  $e_y$

$$r = 6.54 \text{ cm}$$

$$d = 40 - 6.54 = 33.46 \text{ cm}$$

$$\frac{d}{h} = \frac{33.46}{40} = 0.837 \rightarrow \text{valor de la gráfica}$$

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{24.07}{32.28} * 100 = 74.59 \text{ cm} \rightarrow \text{excentricidad}$$

$$e_x/h = \frac{74.59}{40} = 1.86 \rightarrow \text{diagonales}$$

$$q = 0.8726188$$

El diagrama de interacción indicó:

$$K_y = 0.17$$

$$Pr_y = K_y * Fr * f'_c * b * h = 0.17 * 0.7 * 281 * 40 * 40 = 53,502.40 \text{ kg}$$

- Carga normal resistente de diseño

Para determinar la resistencia de la columna a flexo-compresión se utilizó la fórmula de Bresler.

$$Pr = \frac{1}{\frac{1}{Pr_x} + \frac{1}{Pr_y} + \frac{1}{Pr_o}}$$

Donde:

$P_r$  = Carga normal, aplicada con las excentricidades  $e_x$  y  $e_y$ .

$P_{ro}$  = Carga axial, suponiendo que  $e_x = e_y = 0$ .

$P_{rx}$  = Carga normal, aplicada con una excentricidad  $e_x$  en Y.

$P_{ry}$  = Carga normal, aplicada con una excentricidad  $e_y$  en X.

$$P_r = \frac{1}{\frac{1}{69,238.40} + \frac{1}{53,502.40} + \frac{1}{392,262.22}} = 32,696.53 \text{ kg} = 32.70 \text{ Ton}$$

$$P_r > P_u$$

$$32.70 \text{ Ton} > 32.28 \text{ Ton}$$

Como  $P_r > P_u$  significa que el armado propuesto de  $A_s = 63.52 \text{ cm}^2$  y la sección de la columna si resisten las cargas a las que está expuesta la columna.

#### **2.7.3.1. Acero mínimo**

El porcentaje de refuerzo longitudinal no debe ser menor que 1% del área transversal total de una columna.

$$A_{s_{\min}} = 1\%A_g = 0.01 * 40 * 40 = 16.00 \text{ cm}^2$$

### **2.7.3.2. Acero máximo**

El porcentaje máximo de acero no debe ser mayor que 4% del área transversal total de la columna cuando las varillas van a empalmarse por traslape.

$$A_{s_{\max}} = 6\%A_g = 0.06 * 40 * 40 = 96.00 \text{ cm}^2$$

El área de acero colocado en la columna no debe exceder los 121.50 cm<sup>2</sup>.

### **2.7.3.3. Acero requerido**

Se pruso iniciar con un armado que esté cerca del valor del  $A_{s_{\min}}$ , utilizando un 3% $A_g$ .

$$3\%A_g = 0.03 * 40 * 40 = 48.00 \text{ cm}^2$$

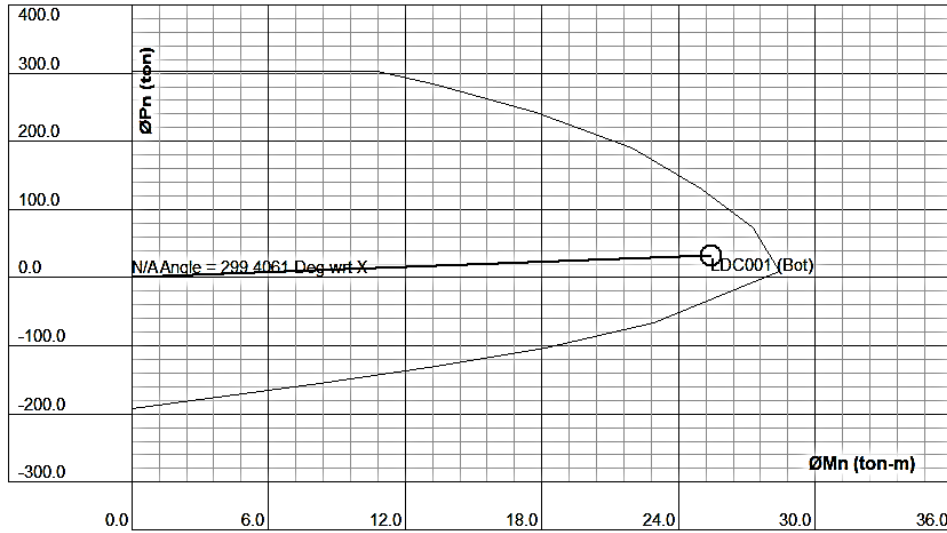
Se utiliza 8 varillas No. 10 que hacen un total de 48 cm<sup>2</sup> cumpliendo con el área de acero necesario.

### **2.7.3.4. Propuesta de armado**

Para un diseño exacto se propone un armado de 4 varillas #10 más 4 varillas #8 con lo cual se cumple con el acero requerido. Este diseño fue comprobado con el software CSICOL versión 2015, por medio de las curvas de interacción, dando como resultado un radio de capacidad en la parte inferior de la columna de  $r = 0.98$  y un radio de capacidad en la parte superior de la columna de  $r = 0.94$ .

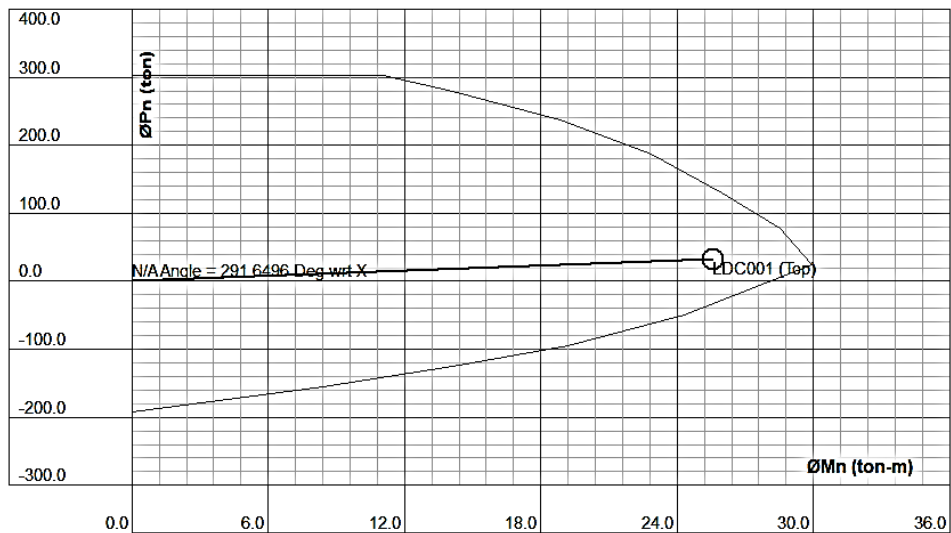
El radio de capacidad de la sección de la columna debe ser menor a 1 por lo que el refuerzo longitudinal y la sección de la misma es el adecuado.

**Figura 44. Curva de interacción de momento inferior de la columna**



Fuente: elaboración propia

**Figura 45. Curva de interacción de momento superior de la columna**



Fuente: elaboración propia

Es necesario diseñar refuerzo transversal por medio de estribos para resistir los esfuerzos de corte, permitiendo una deformación unitaria mayor del elemento. En zonas sísmicas es necesario proveer ductilidad a las columnas, esto se logra por medio del confinamiento de los estribos en los extremos de la misma.

- Determinación del refuerzo transversal en eje X

Datos:

$$P_u = 32.28 \text{ Ton}$$

$$V_{ux} = 14.69 \text{ Ton}$$

$$r_{\text{libre}} = 4.00 \text{ cm}$$

$$H = 3.50 \text{ m}$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 52.04 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 1600 \text{ cm}^2$$

$$\text{Estribo No.} = 3$$

$$\phi_{\text{est}} = 0.95 \text{ cm}$$

$$A_{\text{est}} = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{\text{varilla8}} = 2.54 \text{ cm}$$

$$A_{\text{varilla8}} = 5.07 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{\text{varilla10}} = 3.18 \text{ cm}$$

$$A_{\text{varilla10}} = 7.94 \text{ cm}^2$$

$$r_{\text{efectivo}} = r + \phi_{\text{est}} + \frac{\phi_{\text{varilla}}}{2} = 4 + 0.95 + \frac{3.18}{2} = 6.54 \text{ cm}$$

$$d = b - r_{\text{efectivo}} = 40 - 6.54 = 33.46 \text{ cm}$$

El cortante ultimo debe ser menor que la siguiente expresión:

$$V_u < 2 * F_R * b * d * \sqrt{f_c^*}$$

$$2 * F_R * b * d * \sqrt{f_c^*} = 2 * 0.80 * 40 * 33.46 * \sqrt{224.80} = 32,107.32 \text{ kg}$$

$$2 * F_R * b * d * \sqrt{f_c^*} = 32.11 \text{ Ton}$$

$$V_r = 32.11 \text{ Ton} \quad V_r > V_u$$

Si  $V_r \geq V_u$ , se colocan estribos a  $S = d/2$ ; si  $V_r < V_u$ , se diseñan los estribos por corte, para ambas opciones considerar que la varilla mínima permitida es la No. 3.

**Tabla 19. Zonas de confinamiento, centro de capacitación**

| Zona de confinamiento |                  |        | Separación de estribos |                              |          |
|-----------------------|------------------|--------|------------------------|------------------------------|----------|
| <b>Superior</b>       | $b_{\text{máx}}$ | 0.40 m | Ss                     | $b_{\text{mín}}/4$           | 10.00 cm |
|                       | $H/6$            | 0.58 m |                        | $6 * \phi_{\text{varilla}}$  | 19.08 cm |
|                       | 600 mm           | 0.60 m |                        | 100 mm                       | 10.00 cm |
| <b>Central</b>        | Zona central     | 2.30 m | Sc                     | $850 \frac{bd}{\sqrt{F_y}}$  | 41.71 cm |
|                       |                  |        |                        | $48 * \phi_{\text{estribo}}$ | 45.60 cm |
|                       |                  |        |                        | $b_{\text{mín}}/2$           | 22.00 cm |
| <b>Inferior</b>       | $b_{\text{máx}}$ | 0.60 m | Si                     | 100 mm                       | 10.00 cm |

Fuente: elaboración propia

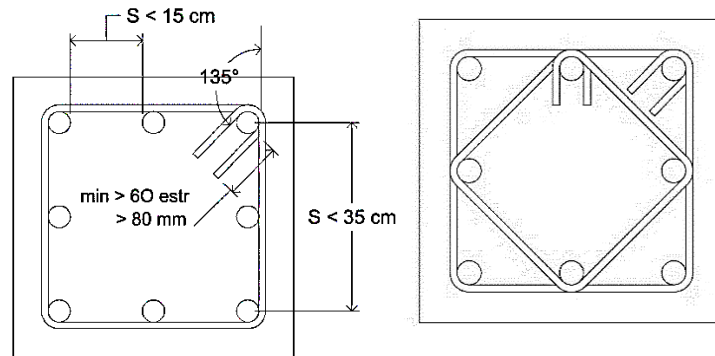
La separación libre entre varillas debe ser menor de 15 cm mientras que la separación de centro a centro de varillas laterales no debe exceder los 35 cm.

$$S_x = S_y = b - 2 * r_{\text{libre}} - \phi_{\text{varilla}} - 2 * \phi_{\text{est}}$$

$$S_{Cx} = S_{Cy} = \frac{b}{2} - r_{\text{libre}} - \phi_{\text{varilla}} - \phi_{\text{est}} - \frac{\phi_{\text{est}}}{2}$$

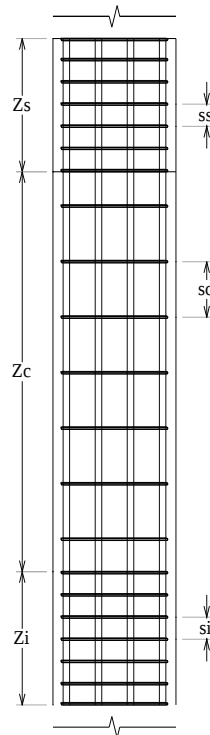
Gancho = Mínimo > 6 \*  $\phi_{\text{est}}$       Máximo > 80 mm

**Figura 46. Detalle del estribo, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

**Figura 47. Confinamiento de estribos en columna, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

$$S_x = 40 - 2 * 4 - 2 * 0.95 - 3.18 = 26.92 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

$$S_y = 40 - 2 * 4 - 2 * 0.95 - 3.18 = 26.92 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

$$S_{Cx} = 40/2 - 4 - 0.95 - 3.18 - 2.54/2 = 10.60 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

$$S_{Cy} = 40/2 - 4 - 0.95 - 3.18 - 2.54/2 = 10.60 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

$$\text{gancho} = 6 * 0.95 = 5.70 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

- Revisión del cortante

$$P_u < F_r * (0.7f_c^* * A_g + 2000 * A_s)$$

$$F_r * (0.7f_c^* * A_g + 2000 * A_s) = 0.70 * (0.7 * 224.80 * 1600 + 2000 * 52.04)$$

$$F_r * (0.7f_c^* * A_g + 2000 * A_s) = 249,099.20 \text{ kg} = 249.10 \text{ Ton}$$

$$P_u < 249.10 \text{ Ton} \rightarrow \text{chequea}$$

- Cuantía de la columna

$$\rho = \text{varillas} * \frac{A_{\text{varilla}}}{A_g} = 2 * \left( \frac{7.94}{1600} \right) + \left( \frac{5.07}{1600} \right) = 0.0131$$

$$\text{Si } \rho < 0.015 \rightarrow VCR = F_r * b * d * (0.2 + 20\rho) * \sqrt{f_c^*}$$

$$\text{Si } \rho \geq 0.015 \rightarrow VCR = 0.5 * F_r * b * d * \sqrt{f_c^*}$$

Como  $\rho = 0.0131$  entonces:

$$VRC = 0.8 * 40 * 33.46 * (0.2 + 20 * \rho) * \sqrt{224.80} = 7.41 \text{ Ton}$$

$$\text{Factor} = 1 + 0.007 * \frac{P_u}{A_g} = 1 + 0.007 * \frac{32.28}{1600} = 1.1412082$$

$$VCR = VRC * \text{Factor} = 7.41 * 1.1412082 = 8.46 \text{ Ton}$$

$$VSR = V_{ux} - VCR = 14.69 - 8.46 = 6.23 \text{ Ton}$$

- Separación de estribos

$$S = \frac{F_r * A_{sh} * F_y * d * (\sin\theta + \cos\theta)}{VSR} = \frac{0.8 * (2 * 0.71) * 4200 * 33.46 * 1}{6.23 * 1000} = 25.63 \text{ cm}$$

La S propuesta en los extremos confinados de la columna es menor que la separación máxima permitida, por lo tanto, cumple con el chequeo. Los estribos en los extremos superior e inferior de la columna quedan a cada 10.00 cm, mientras que los del centro a cada 15.00 cm, ya que es el valor máximo permitido en columnas según el código ACI.

Este proceso se realizó en el eje Y y dio como resultado  $S = 102.14$  cm, por lo que se toma la separación propuesta que es 10.00 cm.

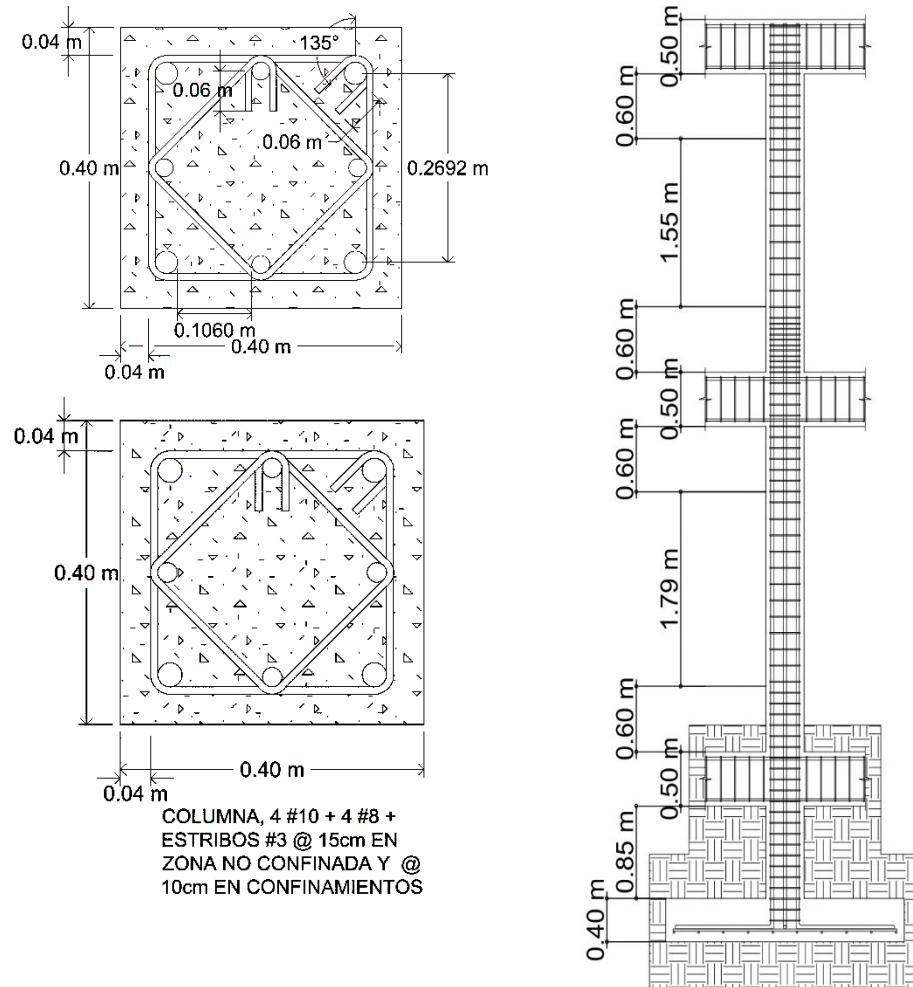
El armado queda de la siguiente manera:

**Tabla 20. Separación de estribos en columnas, centro de capacitación**

|       |          |                                 |
|-------|----------|---------------------------------|
| $Z_s$ | 0.60 m   | Zona de confinamiento superior  |
| $Z_c$ | 2.30 m   | Zona central                    |
| $Z_i$ | 0.60 m   | Zona de confinamiento inferior  |
| $S_s$ | 10.00 cm | Separación de estribos superior |
| $S_c$ | 15.00 cm | Separación de estribos central  |
| $S_i$ | 10.00 cm | Separación de estribos inferior |

Fuente: elaboración propia

**Figura 48. Armado de columna, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

#### 2.7.4. Diseño de zapatas

Una zapata es un elemento estructural que sirve de cimentación a un pilar, muro u otro elemento superficial, transmitiendo los esfuerzos que recibe de este al terreno (Cimentaciones por zapatas, s.f., recuperado de: [https://www.construmatica.com/construpedia/Cimentaciones\\_por\\_Zapatas](https://www.construmatica.com/construpedia/Cimentaciones_por_Zapatas)).

El tipo de cimentación depende principalmente del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, las condiciones del suelo y su costo. En este caso se diseña una zapata típica concéntrica de forma cuadrada.

Los datos para el diseño son el valor soporte del suelo, peso específico del suelo, obtenido en la sección 2.3.2.1 y los momentos obtenidos en el diseño estructural.

Datos:

$$M_x = 6.86 \text{ Ton}\cdot\text{m} \rightarrow (\text{figura 19})$$

$$M_y = 7.27 \text{ Ton}\cdot\text{m} \rightarrow (\text{figura 18})$$

$$P_u = 32.28 \text{ Ton} \rightarrow (\text{página 117})$$

$$V_s = 68.85 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow (\text{página 12})$$

$$Y_{\text{suelo}} = 1.19 \text{ Ton/m}^3 \rightarrow (\text{página 10})$$

$$\text{Desplante} = 2.00 \text{ m} \rightarrow (\text{página 10})$$

$$F_{cu} = 1.32 \rightarrow (\text{página 116})$$

$$Y_{\text{concreto}} = 2.4 \text{ Ton/m}^3$$

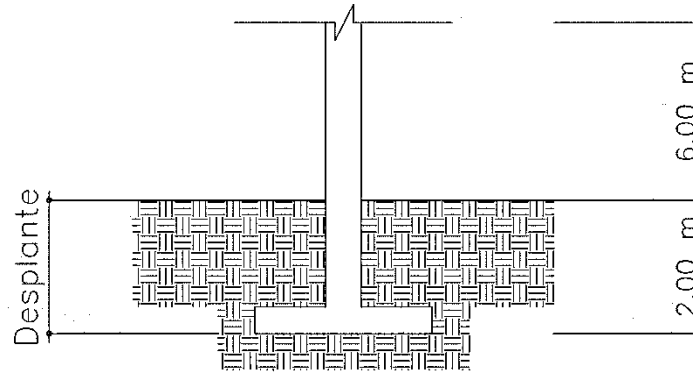
$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset_{\text{varilla}} = 1.91 \text{ cm}$$

$$A_{\text{varilla}} = 2.85 \text{ cm}^2$$

**Figura 49. Características de zapata, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

- Cargas de trabajo:

$$P'_t = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{32.28}{1.32} = 24.48 \text{ Ton}$$

$$M'_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{6.86}{1.32} = 5.20 \text{ Ton*m}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{7.27}{1.32} = 5.52 \text{ Ton*m}$$

- Pre-dimensionamiento del área de la zapata

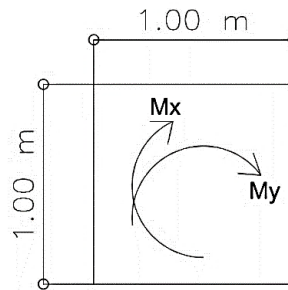
$$A_z = \frac{1.5 * P'_t}{V_s} = \frac{1.5 * 24.48}{68.85} = 0.53 \text{ m}^2$$

$\sqrt{0.53} = 0.73 \text{ m}$ , se propone una zapata de  $1.00 \times 1.00 \text{ m}$  y un espesor de  $t = 0.30 \text{ m}$ .

Tomando en cuenta las dimensiones el área de zapata es:

$$A_z = 1.00 \text{ m}^2$$

**Figura 50. Sección de zapata, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

- Chequeo de presión sobre el suelo

Para determinar la presión vertical sobre el suelo se debe considerar: la carga de trabajo, el peso del suelo del desplante, peso de columna y peso del cimiento (zapata). Se define por la fórmula:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_{tx}}{S_x} \pm \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

Donde:

P = Integración total de cargas actuantes

$$S_x \text{ y } S_y = \text{Módulos de sección en el sentido indicado} = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$P = P'_t + P_{\text{suelo}} + P_{\text{col}} + P_{\text{cim}}$$

$$P = P't + (Az * desp * Ys) + (Agcol * Hcol * Yc) + (Az * tcim * Yc)$$

$$P = 24.48 + (1 * 1.70 * 1.19) + (0.40 * 0.40 * 7.70 * 2.4) + (1 * 0.3 * 2.4) = 30.18 \text{ Ton}$$

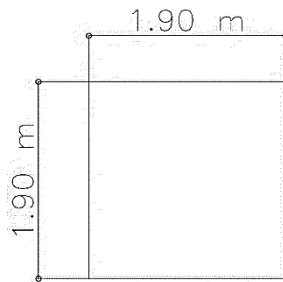
$$q_{\max} = \frac{30.18}{1} + \frac{5.20}{\frac{1}{6} * 1^3} + \frac{5.52}{\frac{1}{6} * 1^3} = 94.47 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{30.18}{1} - \frac{5.20}{\frac{1}{6} * 1^3} - \frac{5.52}{\frac{1}{6} * 1^3} = -34.11 \text{ Ton/m}^2$$

Tomando en cuenta que “q” no debe dar valores negativos, ni mayores que el Vs, y en este caso q<sub>min</sub> es negativo y es mayor que Vs, se debe aumentar el área y espesor de la zapata para que cumpla esta condición.

Se propone una zapata de 1.90 x 1.90 m, Az = 3.61 m<sup>2</sup> y un espesor de t = 0.35 m.

**Figura 51. Segunda estimación de sección de zapata, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

$$P = 24.48 + (3.61 * 1.65 * 1.19) + (0.40 * 0.40 * 7.65 * 2.4) + (3.61 * 0.35 * 2.4)$$

$$P = 37.09 \text{ Ton}$$

$$q_{\max} = \frac{37.09}{3.61} + \frac{5.20}{\frac{1}{6} * 1.90^3} + \frac{5.52}{\frac{1}{6} * 2.50^3} = 20.27 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{37.09}{3.61} - \frac{5.20}{\frac{1}{6} * 1.90^3} - \frac{5.52}{\frac{1}{6} * 1.90^3} = 0.531 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\max} = 20.27 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow \text{chequea, no excede el Vs}$$

$$q_{\min} = 0.531 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow \text{chequea, no existen presiones de tensión}$$

Tomando en cuenta que la presión debajo de la zapata en un punto, es distinta a la localizada en cualquier otro, por motivos de diseño se trabaja con una presión constante debajo de la zapata, la cual puede ser un valor que se encuentre entre  $q_{\min}$  y  $q_{\max}$  (Siguí, 2008, p. 82).

En este caso se toma como presión de diseño " $q_{\text{dis}}$ " igual a  $q_{\max}$ .

$$q_{\text{dis}} = q_{\max} = 20.27 \text{ Ton/m}^2$$

La presión máxima afectada por el factor de carga última se considera la presión última aplicada.

$$q_{\text{dis}\mu} = q_{\text{dis}} * F_{\text{cu}} = 20.27 * 1.32 = 26.72 \text{ Ton/m}^2$$

Para determinar el espesor de la zapata es necesario que resista tanto el corte simple o corte flexionante como el punzonamiento causado por la columna y las cargas actuantes.

- Chequeo por corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a  $d$  (peralte efectivo) del borde de la columna. Por tal razón, se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante (Siguí, 2008, p. 83).

$$d = t_{cim} - rec - \phi/2$$

Donde:

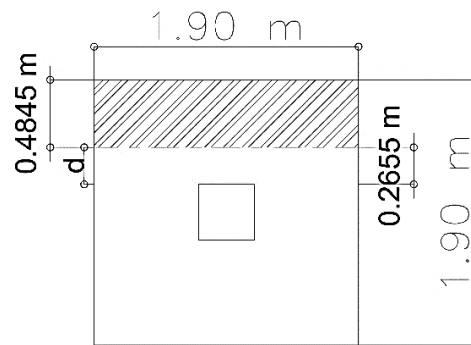
$d$  = Peralte efectivo

$rec = 7.5 \text{ cm}$

$\phi = 1.91 \text{ cm}$  ----- varilla #6

$$d = 35 - 7.5 - \frac{1.91}{2} = 26.55 \text{ cm}$$

**Figura 52. Área sombreada de corte simple, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

- Corte actuante:

$$V_{act} = \text{Área sombreada} * q_{dis\mu} = 0.4846 * 1.90 * 26.72 = 24.60 \text{ Ton}$$

- Corte simple resistente:

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * \frac{d}{1000}$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{281} * 190 * \frac{26.55}{1000} = 38.09 \text{ Ton}$$

$$38.09 \text{ Ton} > 24.60 \text{ Ton}$$

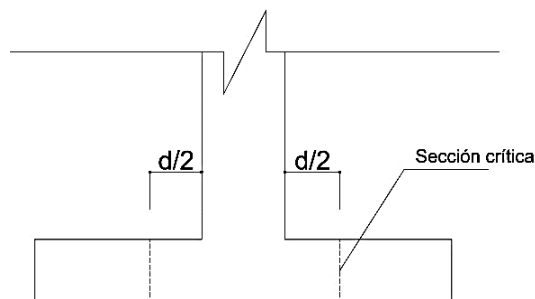
$$V_r > V_{act}$$

El espesor asumido de  $t = 35 \text{ cm}$  si chequea por corte simple, es mayor que el corte actuante en la zapata.

- Chequeo por corte punzonante

Se supone que el plano de la sección crítica, perpendicular al plano de la losa de la zapata, está localizado de modo tal que tiene un perímetro mínimo “ $b_o$ ”. Esta sección crítica no requiere estar más cerca que  $d/2$  del perímetro del área de carga (Siguí, 2008, p. 96).

**Figura 53. Sección crítica de la zapata, centro de capacitación**



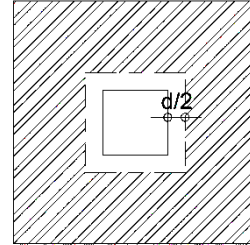
Fuente: elaboración propia

**Figura 54. Perímetro de la sección crítica, centro de capacitación**

Donde:

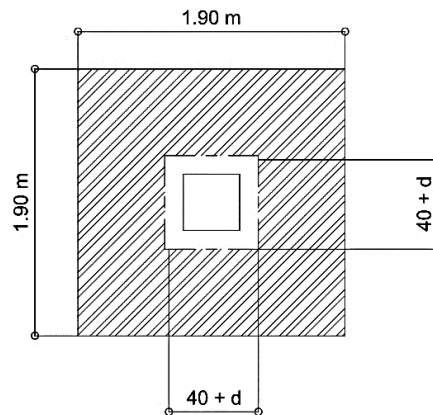
Área sombreada = Área de punzonamiento

$b_o$  = Perímetro de la sección crítica (línea punteada)



Fuente: elaboración propia

**Figura 55. Área punzonante, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

$$40 + d = 40 + 26.55 = 66.55 \text{ cm}$$

- Corte punzonante actuante

$$V_{actp} = \text{Área sombreada} * q_{dis\mu}$$

$$V_{actp} = (A_z - (40 + d) * (40 + d)) * q_{dis\mu}$$

$$V_{actp} = ((1.90 * 1.90) - (0.6655 * 0.6655)) * 26.7 = 84.62 \text{ Ton}$$

- Corte punzonante resistente

$$V_{pr} = 0.85 * 1.06 * \sqrt{f'_c} * b_o * \frac{d}{1000}$$

Donde:

$$b_o = 4 * (40 + d)$$

$$V_{pr} = 0.85 * 1.06 * \sqrt{281} * (4 * 66.55) * \frac{26.55}{1000} = 106.72 \text{ Ton}$$

$$106.72 \text{ Ton} > 84.62 \text{ Ton} \quad V_{pr} > V_{actp}$$

Utilizando un espesor de 35.00 cm la zapata si soporta el punzonamiento.

#### 2.7.4.1. Acero mínimo

- Sentido X

$$A_{smin} = \frac{14.1 * b * d}{f_y} = \frac{14.1 * 100 * 26.55}{4200} = 8.91 \text{ cm}^2$$

- Sentido Y

$$A_{smin} = \frac{14.1 * b * d}{f_y} = \frac{14.1 * 100 * 24.64}{4200} = 8.27 \text{ cm}^2$$

#### 2.7.4.2. Acero máximo

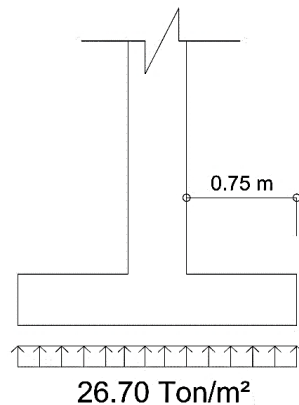
Se utiliza el acero mínimo en ambos sentidos.

#### 2.7.4.3. Acero requerido

La zapata se diseña a flexión y actúa como una losa en voladizo.

- Flexión en el sentido X-X

**Figura 56. Flexión en el sentido X-X, centro de capacitación**



Fuente elaboración propia

El momento último será:

$$M_u = \frac{Wl^2}{2} = \frac{26.70 * 0.75^2}{2} = 7.51 \text{ Ton*m} = 7,514.82 \text{ kg*m}$$

El área de acero se calcula con la misma ecuación para el refuerzo de una viga:

$$A_s = \left[ (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right] * \frac{0.85 * f'_c}{f_y}$$

Donde:

$$M_u = 7,514.82 \text{ kg*m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 26.55 \text{ cm}$$

$$A_s = \left[ (100 * 26.55) - \sqrt{(100 * 26.55)^2 - \frac{7,514.82 * 100}{0.003825 * 281}} \right] * \frac{0.85 * 281}{4,200}$$

$$A_s = 7.68 \text{ cm}^2$$

- Flexión en el sentido Y-Y

El peralte efectivo en el sentido Y disminuye debido a la cama de hierro colocada en el sentido X, por lo tanto, el nuevo peralte es:

$$d_{Y-Y} = d_{X-X} - \frac{\phi_{X-X}}{2} - \phi_{X-X} = 26.55 - \frac{1.91}{2} - \frac{1.91}{2} = 24.64 \text{ cm}$$

$$M_u = 7,514.82 \text{ kg*m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 24.64 \text{ cm}$$

$$A_s = \left[ (100 * 24.64) - \sqrt{(100 * 24.64)^2 - \frac{7,514.82 * 100}{0.003825 * 281}} \right] * \frac{0.85 * 281}{4,200}$$

$$A_s = 8.32 \text{ cm}^2$$

#### 2.7.4.4. Propuesta de armado

- Sentido X

Se coloca el  $A_s$  mínimo. La separación para  $A_{s\text{min}}$  con varilla No. 6:

$$8.91 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$2.85 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{2.85 * 100}{8.91} = 31.98 \text{ cm}$$

Para determinar cuántos rieles se colocan es necesario aplicar la siguiente relación:  $\# \text{ rieles} = \frac{L}{S} + 1$

Donde:

$$L = b_{\text{cim}} - 2 * \text{rec}$$

$$\# \text{ rieles} = \frac{1.90 - 2 * 0.075}{0.30} + 1 = 6.83 = 7$$

Colocar 7 varillas No. 6 @ 30 cm en sentido X en la cama inferior de la zapata.

- Sentido Y

Se coloca el  $A_s$  requerido. La separación para  $A_s$  con varilla No. 6:

$$8.32 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$2.85 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{2.85 * 100}{8.32} = 34.27 \text{ cm}$$

$$\#_{\text{rieles}} = \frac{L}{S} + 1$$

$$\#_{\text{rieles}} = \frac{1.90 - 2 * 0.075}{0.30} + 1 = 6.83 = 7$$

Colocar 7 varillas No. 6 @ 30 cm en sentido Y en la cama inferior de la zapata.

El acero por temperatura se coloca en ambos sentidos en la cama superior de la zapata.

$$A_{\text{stem}} = 0.002 * b * t = 0.002 * 100 * 35 = 7.00 \text{ cm}^2$$

$$7.00 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

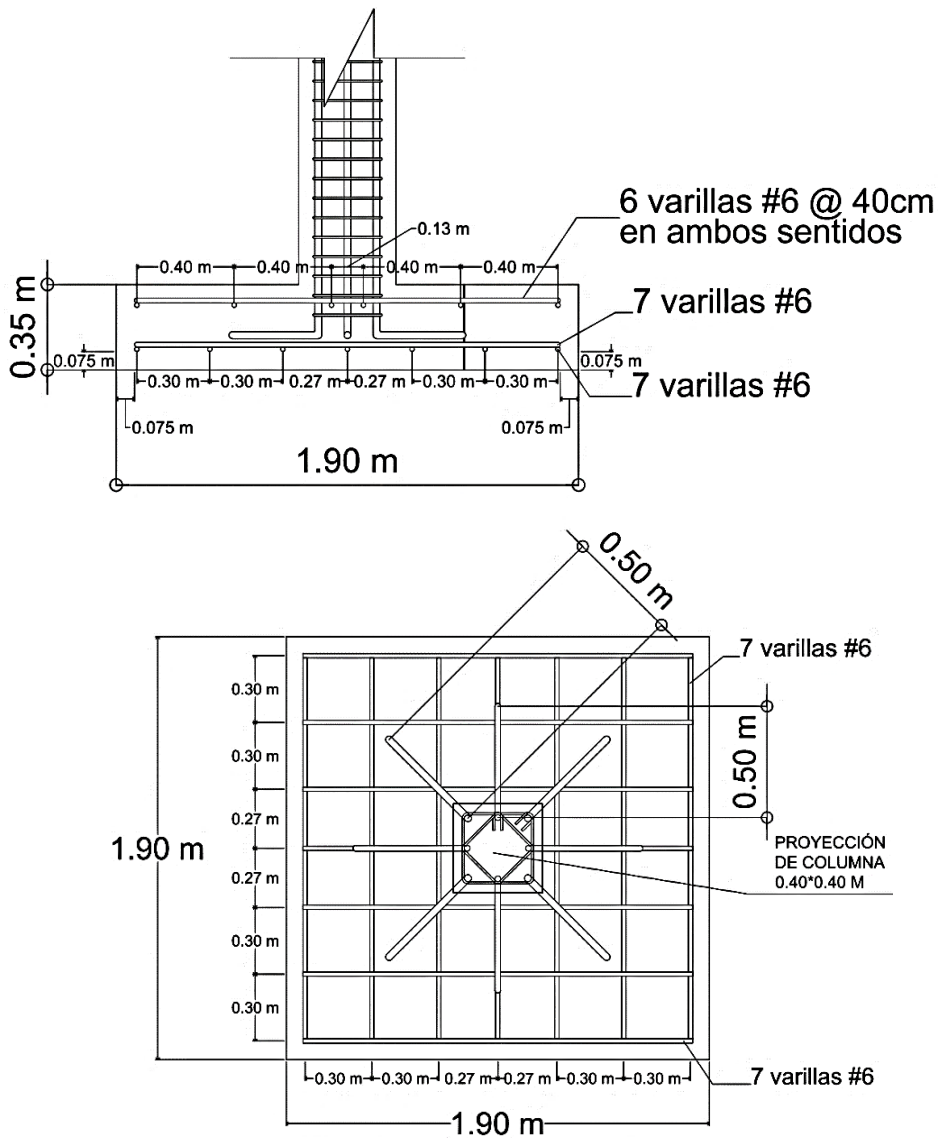
$$2.85 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{2.85 * 100}{7.00} = 40.71 \text{ cm}$$

$$\#_{\text{rieles}} = \frac{1.90 - 2 * 0.075}{0.40} + 1 = 5.375 = 6$$

El armado final de la zapata con sección de 1.90 m x 1.90 m x 0.35 m es: 7 varillas #6 de acero corrugado a @30 cm tanto en el sentido X como el Y, en la cama inferior y colocar 6 varillas #6 de acero corrugado a @40 cm en ambos sentidos en la cama superior de la zapata.

**Figura 57. Armado de zapata, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

- **Cimiento corrido**

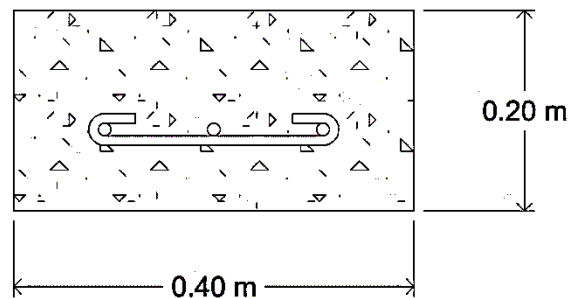
Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se propone un cimiento tipo rectangular.

Las dimensiones propuestas son una base  $b = 40 \text{ cm}$  y un espesor  $t = 20 \text{ cm}$ .

El refuerzo a utilizar es el siguiente:

3 varillas N. 4 longitudinales + eslabones N.3 @ 20 cm

**Figura 58. Armado de cimiento corrido**



**CIMIENTO CORRIDO 3  
VARILLAS #4 +  
ESLABON #3 @ 0.20 m**

Fuente: elaboración propia

### 2.7.5. Diseño de gradas

FHA (1984):

Toda edificación de más de un nivel debe tener escaleras que comuniquen todos los niveles, aunque tengan elevadores, diseñadas para proveer una circulación fluida y cómoda, de acuerdo a los requisitos mínimos siguientes:

- Las escaleras tendrán un ancho libre mínimo de 90 cm en viviendas unifamiliares, y en edificios multifamiliares se calculará de acuerdo con las normas de la municipalidad local, pero en ningún caso se aceptará un ancho menor de 1.20 m. En viviendas de 50 m<sup>2</sup> y hasta 100 m<sup>2</sup> de área construida, se permite un ancho libre de 81 cm.
- En edificios de más de dos niveles, todos los elementos de las escaleras deben ser de materiales incombustibles.
- Las huellas, contrahuellas y descansos deben proporcionar un elevado factor de seguridad:

Contrahuella máxima = 20 cm

Huella mínima = 28 cm

- La altura de paso mínima permisible es de 2.10 m.
- En todas las escaleras, para proveer seguridad, se colocará por lo menos 1 pasamanos de subida de gradas a 90 cm de altura.
- En otros lugares que se requiera por seguridad, y en ambientes que den a espacios vacíos, deberá instalarse un barandal de 90 cm de

altura mínima, con una separación máxima entre barrotes o elementos verticales que lo formen de 20 cm (p. 51).

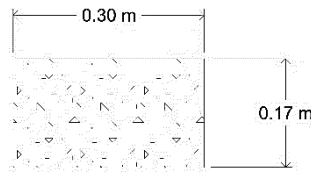
Para el diseño de las gradas de esta edificación se utiliza los siguientes datos:

Huella (H) = 30 cm

ContraHuella (C) = 17 cm

altura de nivel (h) = 3.00 m

**Figura 59. Medidas del escalón**



Fuente: elaboración propia

Las dimensiones deben cumplir con las siguientes relaciones de comodidad:

$$2C + H \leq 64 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm} \geq C + H \leq 48 \text{ cm}$$

$$480 \text{ cm}^2 \geq C * H \geq 500 \text{ cm}^2$$

$$\text{No. de escalones} = \frac{h}{C} = \frac{3.40}{0.17} = 20$$

Se construirán 20 escalones, tomando 10 contrahuellas antes del descanso.  
Para determinar las huellas se utiliza la ecuación:

$$\text{No. de huellas} = \text{No. de escalones} - 1 = 10 - 1 = 9 \text{ huellas}$$

Relaciones de comodidad:

$$C = 17 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$$

$$H = 28 \text{ cm} > 28 \text{ cm}$$

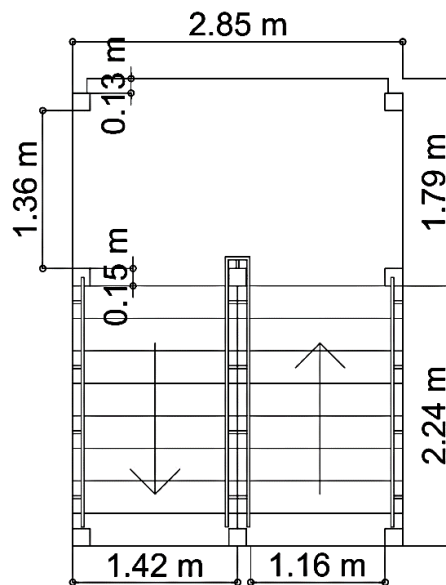
$$2C + H = 62 \text{ cm}$$

$$C + H = 45 \text{ cm}$$

$$C * H = 476 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se obtienen 20 contrahuellas de 17 cm y 19 huellas de 28 cm.

**Figura 60. Planta módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia

- Integración de cargas

El peso propio de la escalera se determina con las siguientes ecuaciones:

$$W_{\text{escalera}} = Y_c * \left( t + \frac{C}{2} \right)$$

Donde:

t = Espesor de losa de escalera

Yc = Peso específico del concreto

C = Contrahuella

$$W_{\text{escalera}} = 2,400 * \left( 0.10 + \frac{0.17}{2} \right) = 444 \text{ kg/m}^2$$

$$W_m = W_{\text{escalera}} + W_{\text{acabados}}$$

Donde:

$$W_{\text{acabados}} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{total}} = 444 + 100 = 544 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viva}} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1.2 * W_m + 1.6 * W_{\text{viva}} = 1.2 * 544 + 1.6 * 500 = 1,452.8 \text{ kg/m}^2$$

La longitud de losa es inclinada por lo cual se calcula de la siguiente manera:

$$D = \sqrt{2.24^2 + 1.42^2} = 2.65 \text{ m}$$

- Cálculo de momentos actuantes en la losa

Se consideró el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros

$$M_{(+)} = \frac{WL^2}{9} = \frac{1,452.80 * 2.65^2}{9} = 1,169.21 \text{ kg*m}$$

$$M_{(-)} = \frac{WL^2}{14} = \frac{1,452.80 * 2.65^2}{14} = 751.63 \text{ kg*m}$$

#### 2.7.5.1. Acero mínimo

$$As_{\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} * b * d$$

Donde:

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{14.1}{F_y} = \frac{14.1}{4200} = 0.0033571$$

b = franja unitaria = 100 cm

d = peralte efectivo

$$d = t - \text{rec} - \phi/2 = 10 - 4 - 1.59/2 = 6.21 \text{ cm}^2$$

$$As_{\text{mín}} = 0.0033571 * 100 * 6.21 = 2.08 \text{ cm}^2$$

#### 2.7.5.2. Acero máximo

$$As_{\text{máx}} = 0.50 * \rho_b * b * d = 0.50 * 0.03695 * 100 * 6.21 = 11.46 \text{ cm}^2$$

### 2.7.5.3. Acero requerido

$$A_S = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * f'_c}} \right] * \left( \frac{0.85 * f'_c}{f_y} \right)$$

Para le momento positivo  $M_{(+)} = 1,169.21 \text{ kg*m}$  se obtuvo un área de acero igual a:

$$A_S = \left[ (100 * 6.21) - \sqrt{(100 * 6.21)^2 - \frac{1,169.21 * 100}{0.003825 * 281}} \right] * \left( \frac{0.85 * 281}{4200} \right)$$

$$A_S = 5.40 \text{ cm}^2$$

Para le momento negativo  $M_{(-)} = 751.63 \text{ kg*m}$  se obtuvo un área de acero igual a:

$$A_S = \left[ (100 * 6.21) - \sqrt{(100 * 6.21)^2 - \frac{751.63 * 100}{0.003825 * 281}} \right] * \left( \frac{0.85 * 281}{4200} \right) = 3.37 \text{ cm}^2$$

El acero por temperatura se calculó de la siguiente manera:

$$A_{S_{\text{temp}}} = 0.002 * b * t = 0.002 * 100 * 10 = 2.00 \text{ cm}^2$$

### 2.7.5.4. Propuesta de armado

Para le momento positivo  $M_{(+)} = 1,169.21 \text{ kg*m}$ ,  $A_S = 5.40 \text{ cm}^2$ ; se propuso:

$$5.40 \text{ cm}^2 \text{---} 100 \text{ cm}$$

$$1.99 \text{ cm}^2 \text{---} S$$

$$S = \frac{1.99 * 100}{5.70} = 36.87 \text{ cm}$$

Varilla No. 5 con una separación de 15 cm.

Para el momento negativo  $M_{(-)} = 751.63 \text{ kg}\cdot\text{m}$ ,  $A_s = 3.37 \text{ cm}^2$ ; se propone usar el  $A_{s_{\text{máx}}} = 11.46 \text{ cm}^2$ .

$$11.46 \text{ cm}^2 \text{---} 100 \text{ cm}$$

$$1.99 \text{ cm}^2 \text{---} S$$

$$S = \frac{1.99 * 100}{11.76} = 17.36 \text{ cm}$$

Varilla No. 5 con una separación de 15 cm.

Para el refuerzo transversal se utiliza el área de acero por temperatura,  $A_{s_{\text{temp}}} = 2.00 \text{ cm}^2$

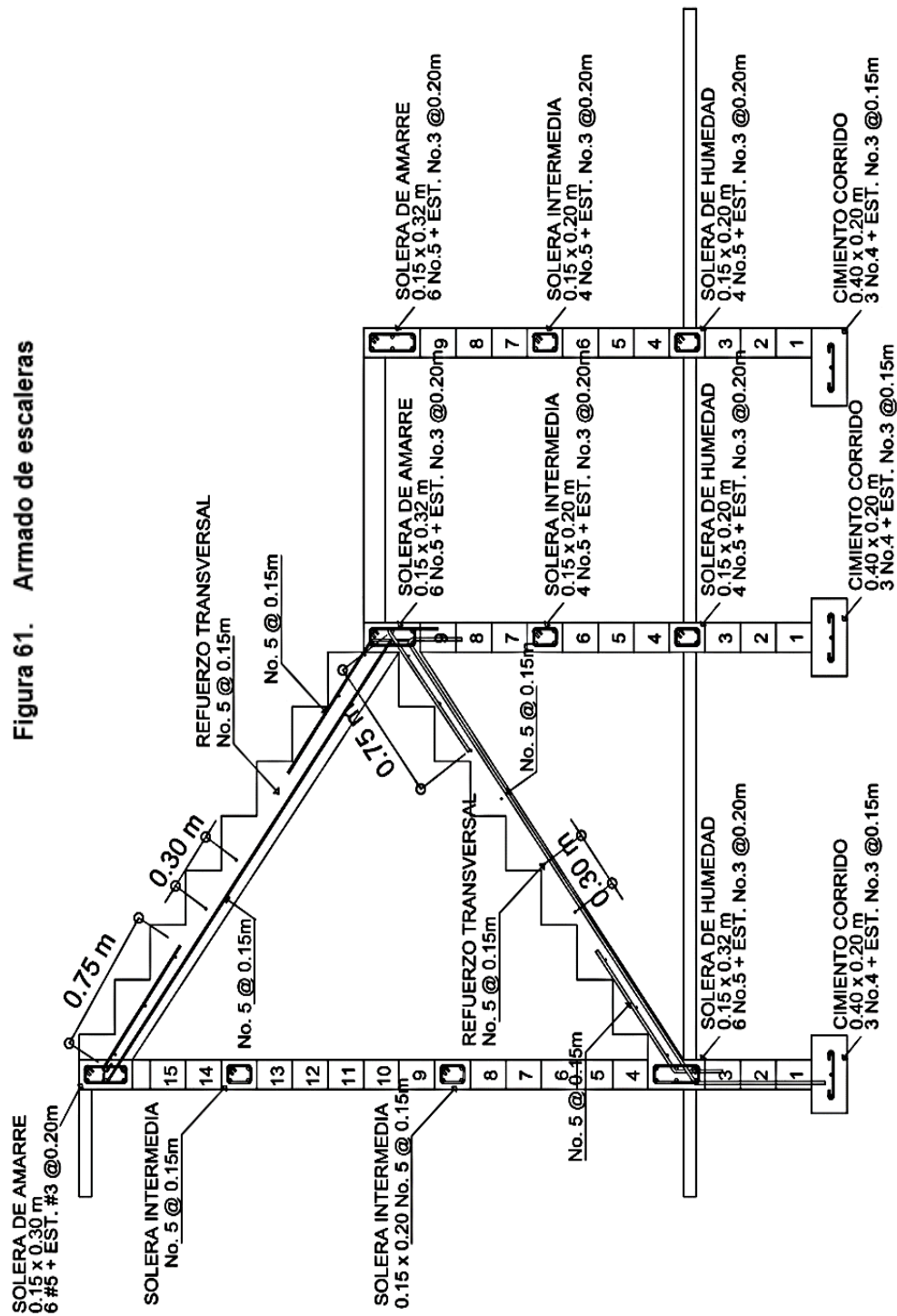
$$2.00 \text{ cm}^2 \text{---} 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{---} S$$

$$S = \frac{0.71 * 100}{2} = 35.50 \text{ cm}$$

$$S_{\text{máx}} = 3t = 3 * 10 = 30 \text{ cm}$$

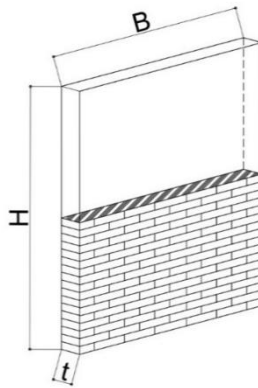
La separación máxima permitida es 30 cm.



Fuente: elaboración propia

### 2.7.6. Diseño de muros de relleno

**Figura 62. Sección del muro, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

El sistema de construcción de mampostería es uno de los sistemas más utilizados en nuestro medio, fue utilizado por los mayas y posteriormente por los colonizadores. Ellos utilizaron este sistema sin colocar ningún refuerzo, tal y como lo podemos ver en las ruinas precolombinas y coloniales. La estabilidad de las mismas se obtenía por medio del uso masivo de los elementos (ejemplo de las pirámides mayas y el espesor de los muros de las construcciones coloniales).

En la actualidad se sabe que los sismos provocan tensiones en los elementos estructurales de mampostería y que las cargas gravitacionales pueden llegar a desarrollar esfuerzos por encima de los esfuerzos de resistencia de la mampostería, por tal razón se desarrolló el sistema de mampostería reforzada.

En este caso los muros de mampostería cumplen la función de muros de relleno por lo que la fuerza actuante en ellos es la fuerza de sismo, por lo que se determinó dicha fuerza, tomando en cuenta los siguientes requisitos de diseño:

- **Requisitos mínimos IBC**

- Refuerzo mínimo horizontal = 0.0015 del área del muro.
- Refuerzo mínimo vertical = 0.0008 del área del muro.
- En las aberturas mayores de 60 cm (vanos) deberá concentrarse el refuerzo mínimo de 60 cm.
- Para muro con pines el refuerzo no podrá espaciarse más de 60 cm y el diámetro mínimo del refuerzo es de 3/8 pulg.

- **Requisitos FHA**

- Para viviendas normales, deberá contar con su cimiento corrido sobre la solera de humedad, solera intermedia y solera de corona, para los niveles superiores, la solera de corona sustituye a las soleras de humedad y solo se coloca solera intermedia.
- Las soleras de humedad y de corona deberán tener como mínimo 4 varillas de 3/8 pulg y la solera intermedia podrá tener únicamente 2 de 3/8 pulg.
  - Se podrá utilizar soleras tipo U, para colocar el refuerzo de las soleras intermedias únicamente.
  - Las soleras no podrán espaciarse a más de 1.40 m.

- Las mochetas o refuerzos verticales se dividen en tipo A y B, los A son las que cuentan con 4 varillas de refuerzo de 3/8 pulg mínimo, las de tipo B son las que cuentan 2 varillas de refuerzo de 3/8 pulg mínimo.
- El espaciamiento entre una mocheta A y una B no podrá exceder de 2.00 m en muros de block y 2.50 m en muros de barro cocido.

- **Requisitos FHA 503.3**

El área mínima de acero de refuerzo vertical será de:

- 0.0008 veces el área de la sección bruta de la pared cuando el esfuerzo de fluencia del acero sea 2,325 kg/cm<sup>2</sup> (33,000 lb/pulg<sup>2</sup>).
- 0.0007 para acero con esfuerzo a la fluencia de 2,820 kg/cm<sup>2</sup> (40,000 lb/pulg<sup>2</sup>).
- 0.0006 si el esfuerzo a la fluencia es de 3,525 kg/cm<sup>2</sup> (50,000 lb/pulg<sup>2</sup>).
- 0.0005 veces para el acero con esfuerzo a la fluencia de 4,227 kg/cm<sup>2</sup> (60,000 lb/pulg<sup>2</sup>).

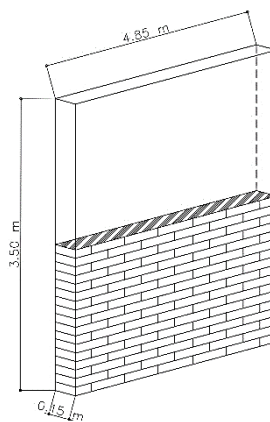
- **Requisitos FHA 503.4**

Las paredes de mampostería deber reforzarse horizontalmente con un área de acero no menor de:

- 0.0015 veces el área de la sección transversal de la pared si el refuerzo de fluencia del acero es de 2,325 kg/cm<sup>2</sup> (33,000 lb/pulg<sup>2</sup>).
  - 0.0013 veces si el refuerzo de fluencia es de 2,820 kg/cm<sup>2</sup> (40,000 lb/pulg<sup>2</sup>).
  - 0.0012 veces para refuerzo con esfuerzo de fluencia de 3,525 kg/cm<sup>2</sup> (50,000 lb/pulg<sup>2</sup>).
  - 0.0010 veces si el esfuerzo de fluencia es de 4,227 kg/cm<sup>2</sup> (60,000 lb/pulg<sup>2</sup>) o mayor.
- **Fuerza de sismo**

La fuerza de sismo F se calculó por método de SEOC adaptado a condiciones de El Salvador.

**Figura 63. Dimensiones del muro, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

$$V = C_s * W$$

Donde:

$$C_s = \left( \frac{A I C_o}{R} \right) * \left( \frac{T_o}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$T_o = 0.6$$

$$T = 0.12 * \frac{H}{B^{\frac{1}{2}}}$$

$$H = 3.50 \text{ m}$$

$$B = 4.85 \text{ m}$$

$$C_o = 3$$

$$A = 0.40$$

$$I = 1.20$$

$$R = 8$$

$$W = 1000 \text{ kg}$$

$$T = 0.12 * \frac{3.50}{4.85^{\frac{1}{2}}} = 0.19 \text{ seg}$$

Con los datos anteriores se pudo calcular el coeficiente sísmico.

$$C_s = \left( \frac{0.40 * 1.20 * 3}{8} \right) * \left( \frac{0.60}{0.19} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.39$$

$$V = 0.39 * 1000 = 386.47 \text{ kg}$$

- **Diseño estructural**

Datos:

$$L = 4.85 \text{ m}$$

$$h = 3.50 \text{ m}$$

$$t = 0.15 \text{ m}$$

$$F'_m = 35 \text{ kg/cm}^2 = \text{Resistencia a la compresión de la mampostería}$$

$$F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

- **Diseño a compresión**

$$f_a = \frac{C}{L * t}$$

Donde:

$f_a$  = Compresión actuante

$$C = \frac{1}{15 * \sqrt{T}} = \frac{1}{15 * \sqrt{0.19}} = 0.15$$

$$f_a = \frac{0.15}{4.85 * 0.15} = 0.21 \text{ kg/m}^2$$

$$F_a = 0.2 * F'_m * \left(1 - \left(\frac{h}{40} * t\right)^3\right)$$

Donde:

$F_a$  = Compresión resistente

$$F_a = 0.2 * 35 * \left( 1 - \left( \frac{3.50}{40} * 0.15 \right)^3 \right) = 6.99 \text{ kg/m}^2$$

$$0.21 < 6.99 \text{ ----- chequea}$$

○ **Diseño a flexión**

$$f_b = \frac{Mc}{I}$$

Donde:

$f_b$  = Esfuerzo actuante a flexión

$$M = F * L$$

$$c = \frac{L}{2}$$

$$M = 386.47 * 4.85 = 1,874.40 \text{ kg*m}$$

$$c = \frac{4.85}{2} = 2.43 \text{ m}$$

$$I = \frac{1}{12} * 4.85 * 3.50^3 = 17.33 \text{ m}^4$$

$$f_b = \frac{1,874.40 * 2.43}{17.33} = 262.31 \text{ kg/m}^2$$

$$F_b = 0.33 * F'_m$$

Donde:

$$F_b = \text{Esfuerzo resistente a flexión} = 0.33 * 35 = 11.55 \text{ kg/m}^2$$

Si  $f_b > F_b$  indica que existen tensiones por lo que se debe reforzar, y si  $f_b < F_b$  no se debe reforzar.

Como  $262.11 > 11.55$  se refuerza despejando  $A_s$  de la siguiente ecuación:

$$M = A_s * F_s * \left( d - \left( 0.667 * A_s * \frac{F_s}{F'_m} * b \right) \right)$$

Donde:

$$F_s = 0.4 * F_y$$

$$d = L$$

$$b = t$$

$$0.667 * t * \frac{(0.4 * F_y)^2}{F'_m} * A_s - (0.48 * F_y) * L * A_s + M = 0$$

$$0.667 * 0.15 * \frac{(0.4 * 4,200)^2}{35} * A_s - (0.48 * 4,200) * 4.85 * A_s + 1,874.40 = 0$$

$$A_s 1 = 0.66 \text{ cm}^2$$

$$A_s 2 = 0.35 \text{ cm}^2$$

Se toma el área de acero mayor para el diseño.

○ **Diseño a corte**

El esfuerzo a corte en muros producidos por las fuerzas laterales en kg/cm<sup>2</sup>, no debe exceder el valor calculado de acuerdo con:

$$V_r = f_v * A$$

Donde:

$$f_v = \text{Esfuerzo a corte} = 0.33 * F' m$$

$$A = \text{Área transversal del muro} = L * t$$

$$f_v = 0.33 * 35 = 1.95$$

$$V_r = 1.95 * 4.85 * 0.15 = 1.42$$

$$V_a = 0.0736 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabla 21. Refuerzos estructurales de muros**

| L (m) | Refuerzo vertical          |                |                   |              | Refuerzo horizontal                  |                                      |                                      |
|-------|----------------------------|----------------|-------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|       | Sección (cm <sup>2</sup> ) | Hierro corrido | Estribos          | No. columnas | Solera humedad                       | Solera intermedia                    | Solera superior                      |
| 2.15  | 15x15                      | 4 No. 3        | Est. No. 2 @ 15cm | 2            | 15 cm x 20 cm                        | 15 cm x 20 cm                        | 15 cm x 20 cm                        |
| 2.50  | 15x15                      | 4 No. 3        | Est. No. 2 @ 15cm | 2            |                                      |                                      |                                      |
| 3.00  | 15x15                      | 4 No. 3        | Est. No. 2 @ 15cm | 3            | 4 No. 3<br><br>Estribos No. 2 @ 15cm | 4 No. 3<br><br>Estribos No. 2 @ 15cm | 4 No. 3<br><br>Estribos No. 2 @ 15cm |
| 3.50  | 15x15                      | 4 No. 3        | Est. No. 2 @ 15cm | 3            |                                      |                                      |                                      |
| 3.67  | 15x15                      | 4 No. 3        | Est. No. 2 @ 15cm | 3            |                                      |                                      |                                      |
| 3.85  | 15x15                      | 4 No. 3        | Est. No. 2 @ 15cm | 3            |                                      |                                      |                                      |
| 4.85  | 15x15                      | 4 No. 3        | Est. No. 2 @ 15cm | 3            |                                      |                                      |                                      |

Fuente: elaboración propia

## 2.8. Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica supone el sistema de alimentación energética del que dependen todos los demás elementos y componentes que posteriormente se conecten al mismo: iluminación, climatización, calefacción, y diversos aparatos electrodomésticos que proporcionarán a la edificación de un elevado grado de confort, favoreciendo la habitabilidad de la misma (Instalaciones Eléctricas, 2015, recuperado de <https://www.vistaservicios.com/servicios/instalaciones-electricas>).

Para determinar la cantidad de lámparas por ambiente se realizó el siguiente proceso:

Tomando como ejemplo la habitación 1 del primer nivel que tiene un ancho de 6.35 m, largo de 7.20 m y altura de 2.98 m, el techo será de color blanco viejo con una reflexión de 76%, las paredes color crema tienen 81% y el piso de mármol blanco con reflexión de 45%.

- **Nivel de iluminación**

$N_i = 550$  luxes

- **Flujo luminoso**

Lúmenes iniciales = 2600 Lum

$LLD = 0.83$

- **Factor de mantenimiento**

$$FM = LLD * LDD$$

Donde:

LLD = Factor de depreciación de la lámpara = 0.83

LDD = Factor de depreciación por suciedad luminaria = 0.94

$$FM = 0.83 * 0.94 = 0.78$$

- **Relación de cavidad**

$$RC_T = \frac{5 * h_{CT} * (L + A)}{L * A}, \quad RC_A = \frac{5 * h_{CA} * (L + A)}{L * A}, \quad RC_P = \frac{5 * h_{CP} * (L + A)}{L * A}$$

Donde

$RC_T$  = Relación de cavidad de techo

$RC_A$  = Relación de cavidad de ambiente

$RC_P$  = Relación de cavidad de piso

$h_{CT}$  = Altura de cavidad de techo

$h_{CA}$  = Altura de cavidad de ambiente

$h_{CP}$  = Altura de cavidad de piso

L = Largo de la habitación

A = Ancho de la habitación

$$RC_T = \frac{5 * 0.15 * (6.35 + 7.20)}{6.35 * 7.20} = 0.22 = 0.20$$

$$RC_A = \frac{5 * 2.08 * (6.35 + 7.20)}{6.35 * 7.20} = 3.08 = 3.00$$

$$RC_P = \frac{5 * 0.75 * (6.35 + 7.20)}{6.35 * 7.20} = 1.11 = 1.00$$

- Reflectancias efectivas**

Techo

techo: 80 → 76 → 70

$RC_T$ : 78 → X → 69

$$\frac{78 - 69}{80 - 70} = \frac{78 - X}{80 - 76}$$

$$X = 78 - \frac{(78 - 69) * (80 - 76)}{80 - 70} = 74.40 \%$$

Piso

piso: 50 → 45 → 40

$RC_T$ : 48 → X → 40

$$\frac{48 - 40}{50 - 40} = \frac{48 - X}{50 - 45}$$

$$X = 48 - \frac{(48 - 40) * (50 - 45)}{50 - 40} = 44.00 \%$$

Reflectancia efectiva de techo = 74.40 %

Reflectancia efectiva de pared = 80.00 %

Reflectancia efectiva de piso = 44.00 %

- **Coeficiente de utilización**

techo:            80     →     74.40     →     50

pared: 80 → 50 → 30            80            80 → 50 → 30

RC<sub>A</sub>:    X → 0.51 → 0.48            Z            Y → 0.49 → 0.46

$$\frac{0.51 - 0.48}{50 - 30} = \frac{X - 0.51}{80 - 50}$$

$$X = \frac{(0.51 - 0.48) * (80 - 50)}{50 - 30} + 0.51 = 0.56$$

$$\frac{0.49 - 0.46}{50 - 30} = \frac{Y - 0.49}{80 - 50}$$

$$Y = \frac{(0.49 - 0.46) * (80 - 50)}{50 - 30} + 0.49 = 0.54$$

$$\frac{0.56 - 0.54}{80 - 50} = \frac{0.56 - Z}{80 - 74.40}$$

$$Z = 0.56 - \frac{(0.56 - 0.54) * (80 - 74.40)}{80 - 50} = 0.56$$

$$CU_{20\%} = 0.56$$

$$\text{techo:} \quad 80 \rightarrow 74.40 \rightarrow 70$$

$$\text{pared:} \quad 80 \rightarrow 70 \rightarrow 50 \quad 80 \quad 80 \rightarrow 70 \rightarrow 50$$

$$RC_A: \quad X \rightarrow 1.07 \rightarrow 1.054 \quad Z \quad Y \rightarrow 1.061 \rightarrow 1.048$$

$$\frac{1.07 - 1.054}{70 - 50} = \frac{X - 1.054}{80 - 50}$$

$$X = \frac{(1.07 - 1.054) * (80 - 50)}{70 - 50} + 1.054 = 1.078$$

$$\frac{1.061 - 1.048}{70 - 50} = \frac{Y - 1.048}{80 - 50}$$

$$Y = \frac{(1.061 - 1.048) * (80 - 50)}{70 - 50} + 1.048 = 1.068$$

$$\frac{1.078 - 1.068}{80 - 70} = \frac{1.078 - Z}{80 - 74.40}$$

$$Z = 1.078 - \frac{(1.078 - 1.068) * (80 - 74.40)}{80 - 70} = 1.07$$

$$CU_{60\%} = Z * CU_{20\%} = 1.07 * 0.56 = 0.60$$

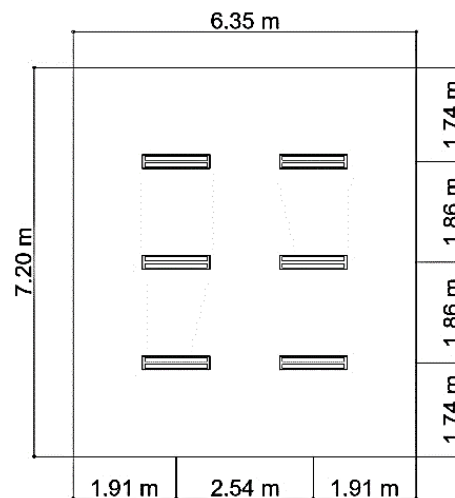
- **Número de lámparas**

$$\#_{\text{Luminarias}} = \frac{N_i * \text{Área}}{(\#_{\text{lámparas} * \text{luminaria}}) * (\text{lúmenes iniciales}) * (FM) * (CU)}$$

$$\#_{\text{Luminarias}} = \frac{550 * 45.72}{(2) * (2600) * (0.78) * (0.60)} = 10$$

Se deben colocar 10 lámparas en la habitación 1, debido al tamaño de las lámparas sólo se colocarán 6.

**Figura 64. Separación de lámparas**



Fuente: elaboración propia

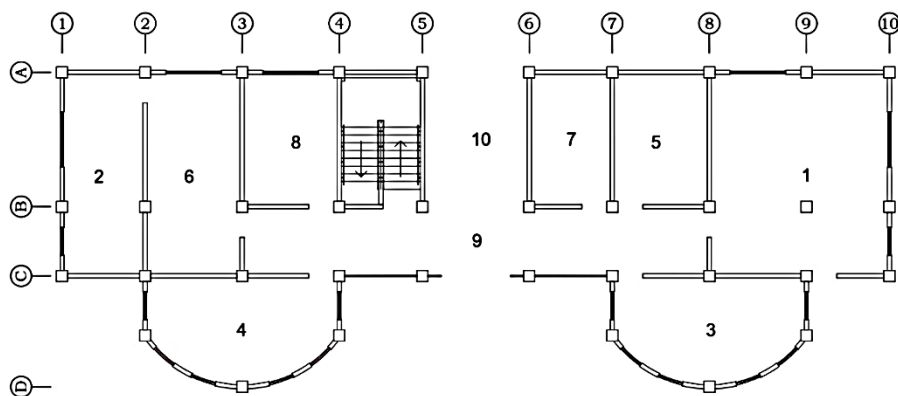
En las demás habitaciones se realiza el mismo procedimiento dando como resultado:

**Tabla 22. Número de lámparas en habitaciones**

| Habitación | Ancho (m) | Largo (m) | #Lámparas |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>1</b>   | 6.35      | 7.2       | 6         |
| <b>2</b>   | 2.85      | 7.2       | 3         |
| <b>3</b>   | 3.81      | 6.85      | 4         |
| <b>4</b>   | 3.81      | 6.85      | 4         |
| <b>5</b>   | 3.35      | 4.7       | 2         |
| <b>6</b>   | 3.35      | 7.2       | 3         |
| <b>7</b>   | 2.85      | 4.7       | 2         |
| <b>8</b>   | 3.35      | 4.7       | 2         |
| <b>9</b>   | 2.35      | 16.7      | 5         |
| <b>10</b>  | 3.7       | 4.7       | 2         |
| <b>11</b>  | 6.35      | 7.2       | 6         |
| <b>12</b>  | 2.85      | 7.2       | 3         |
| <b>13</b>  | 6.35      | 4.7       | 4         |
| <b>14</b>  | 3.35      | 7.2       | 3         |
| <b>15</b>  | 3.35      | 4.7       | 2         |
| <b>16</b>  | 2.35      | 16.7      | 5         |
| <b>17</b>  | 3.7       | 4.7       | 2         |

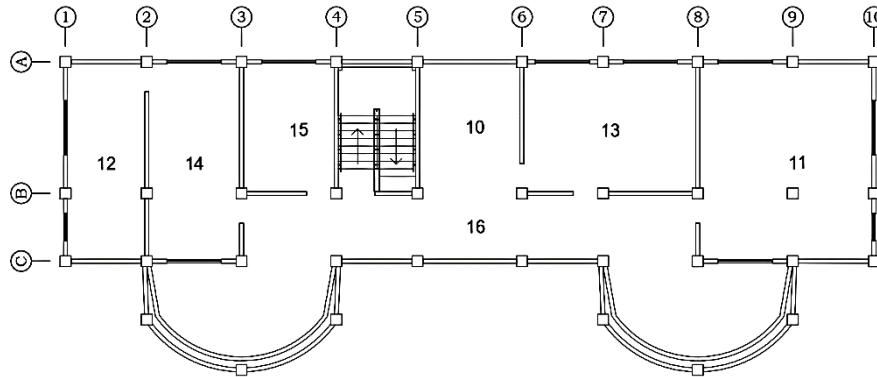
Fuente: elaboración propia

**Figura 65. Habitaciones en primer nivel**



Fuente: elaboración propia

**Figura 66. Habitaciones en segundo nivel**



Fuente: elaboración propia

La instalación eléctrica para iluminación cuenta con 58 lámparas contra humedad y polvo; con 2 tubos led de 48 pulg, 18 W y 90 V cada lámpara; 33 lámparas en el primer nivel y 25 en el segundo nivel y 2 reflectores led de 12 W y 120 V, en los accesos al aire libre.

En el caso de la instalación eléctrica para fuerza cuenta con: 30 tomacorrientes de uso general que consume 180 W. Se diseñó el balance de cargas y tablero de distribución con los artefactos mencionados y a estos se le agregan para una posible ampliación: 2 sistemas de aires acondicionado de 240V y 2500 W, 1 lavadora de 120 V, ¾ HP, eficiencia de 37% con factor de potencia de 0.81 y una bomba hidroneumática de 1 ½ HP, 120 V, eficiencia de 42% y factor de potencia de 0.75.

Para determinar la potencia que no se conoce se realizó con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{HP * 746}{fp * eficiencia}$$

Donde:

HP=Caballos de fuerza

fp=Factor de potencia

La potencia de la bomba y de la lavadora es:

$$P_{\text{Bomba}} = \frac{1.5 * 746}{0.75 * 0.42} = 3,552.38 \text{ W}$$

$$P_{\text{Lavadora}} = \frac{3/4 * 746}{0.81 * 0.37} = 1,866.87 \text{ W}$$

**Tabla 23. Factores de demanda máxima por elementos eléctricos**

| Descripción    | # de unidades | Potencia | Potencia total | Factor de demanda | Factores de demanda máxima |
|----------------|---------------|----------|----------------|-------------------|----------------------------|
| Iluminación    | 58            | 36       | 2088           | 0.73              | 1524.24                    |
| TC uso general | 27            | 180      | 4860           | 0.59              | 2867.40                    |
| A/C            | 1             | 2500     | 2500           | 1.00              | 2500.00                    |
| A/C            | 1             | 2500     | 2500           | 1.00              | 2500.00                    |
| Bomba          | 1             | 3552     | 3552           | 0.59              | 2095.68                    |
| Lavadora       | 1             | 1667     | 1667           | 0.75              | 1250.25                    |
| Reflectores    | 2             | 12       | 24             | 0.75              | 18.00                      |
|                |               |          |                | Suma =            | 12,755.57                  |

Fuente: elaboración propia

Por lo que la acometida de energía se calcula de la siguiente manera:

$$I_N = \frac{P}{V_{\text{mayor}}}, \quad I_F = \frac{I_N}{0.8}$$

Donde:

$I_N$  = Intensidad nominal

$I_F$  = Intensidad del flip-on

$$I_{N \text{ Acometida}} = \frac{12,755.57}{240} = 53.15 \text{ A}$$

$$I_F = \frac{53.15}{0.8} = 66.44 \text{ A}$$

Se utilizaron 3 cables THHN #6 con flip-on 2x60.

- **Circuito A, iluminación, 19 unidades**

$$I_{N \text{ CIRCUITO A}} = \frac{19 * 90}{36} = 7.60 \text{ A}$$

$$I_F = \frac{7.60}{0.8} = 9.50 \text{ A}$$

Se utilizará 3 cables THHN #16, por norma se utiliza cable #14 con flip-on 1x15.

Se realizó de la misma manera para cada circuito:

**Tabla 24. Circuitos del centro de capacitación**

| Circuito | Descripción | Unidades | Potencia unitaria watts | Voltaje (V) | I <sub>N</sub> | I <sub>F</sub> | Conductor (3 cables) | Flip-On (A) |
|----------|-------------|----------|-------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------------|-------------|
| A        | Iluminación | 19       | 36                      | 90          | 7.60           | 9.50           | # 14                 | 1x15        |
| B        | Iluminación | 14       | 36                      | 90          | 5.60           | 7.00           | # 14                 | 1x15        |
| C        | Fuerza      | 8        | 180                     | 120         | 12.00          | 15.00          | # 10                 | 1x15        |
| D        | Fuerza      | 6        | 180                     | 120         | 9.00           | 11.25          | # 10                 | 1x15        |
| E        | A/C         | 1        | 2500                    | 240         | 10.42          | 13.02          | # 10                 | 2x10        |
| F        | A/C         | 1        | 2500                    | 240         | 10.42          | 13.02          | # 10                 | 2x10        |
| G        | Lavadora    | 1        | 1667                    | 240         | 6.95           | 8.68           | # 10                 | 2x10        |
| H        | Bomba       | 1        | 3552                    | 120         | 29.60          | 37.00          | # 10                 | 1x30        |
| I        | Iluminación | 12       | 36                      | 90          | 4.80           | 6.00           | # 14                 | 1x15        |
| J        | Iluminación | 10       | 36                      | 90          | 4.00           | 5.00           | # 14                 | 1x15        |
| K        | Reflectores | 2        | 12                      | 120         | 0.20           | 0.25           | # 14                 | 1x15        |
| L        | Fuerza      | 7        | 180                     | 120         | 10.50          | 13.13          | # 10                 | 1x15        |
| M        | Fuerza      | 6        | 180                     | 120         | 9.00           | 11.25          | # 10                 | 1x15        |

Fuente: elaboración propia

- **Balance de cargas**

Para evitar un desbalance en el sistema eléctrico se realiza la siguiente tabla de comparación:

**Tabla 25. Balance de cargas en el sistema eléctrico primer nivel, Centro de Capacitación**

| CIRCUITO | DESCRIPCIÓN | POTENCIA |    | FLIP-ON |
|----------|-------------|----------|----|---------|
|          |             | L1       | L2 |         |
| A        | Iluminación | 684      |    | 1x15    |
| B        | Iluminación | 504      |    | 1x15    |
| C        | Fuerza      | 1440     |    | 1x15    |
| D        | Fuerza      | 1080     |    | 1x15    |

Continuación de tabla 25.

|   |             |        |        |      |
|---|-------------|--------|--------|------|
| E | A/C         | 1250   | 1250   | 2x10 |
| F | A/C         | 1250   | 1250   | 2x10 |
| G | Lavadora    | 833.5  | 833.5  | 2x10 |
| H | Bomba       |        | 3552   | 1x30 |
| I | Iluminación | 432    |        | 1x15 |
| G | Iluminación |        | 360    | 1x15 |
| H | Reflectores | 24     |        | 1x15 |
| I | Fuerza      |        | 1260   | 1x15 |
| G | Fuerza      | 1080   |        | 1x15 |
|   | SUMA =      | 8577.5 | 8505.5 |      |

Fuente: elaboración propia

La edificación cuenta con un sistema monofásico de dos tableros: uno en el primer nivel de 12 polos y en el segundo nivel cuenta con 10 polos, ambos con barras de 100 A y un voltaje de 240 V.

## 2.9. Instalaciones sanitarias

La edificación cuenta con servicio sanitario para hombres y para mujeres y cada uno con dos inodoros, dos duchas y dos lavamanos. Para la evacuación de aguas se utilizan tuberías separadas en aguas negras y grises, que deberán cumplir con las siguientes condiciones:

Federal Housing Administration (s.f.):

- Enterrada: debe ubicarse obligatoriamente en áreas no construidas cuando sea posible. En caso contrario son aceptables siempre que se doten de cajas de registro localizados en áreas no construidas a distancias no mayores de 15 m. En los casos que sea necesario ubicar

más de un colector dentro de la casa, debe tratarse que crucen los mismos ambientes.

- En entrepisos: deben instalarse dentro del relleno superior, no siendo aceptables empotradas en la losa respectiva.
- Empotrada: es aceptable que la tubería quede empotrada en muros, siempre que no afecte miembros estructurales y que quede protegida adecuadamente con mortero tipo “A”, concreto u otro material aprobado por el FHA. Las tuberías dentro de agujeros de ladrillo tubular no se aceptarán si a juicio del FHA no quedan suficientemente protegidas.
- Expuesta: aceptable únicamente cuando a criterio del FHA no afecte las condiciones arquitectónicas de la vivienda y no quede expuesta a posibles daños.
- Intersecciones: son aceptables en ángulo recto, únicamente cuando se oriente el flujo por medio de ye + codo a 45°, ye-sanitaria, o caja de registro con canalización adecuada en el fondo.
- Cambios de dirección: no son aceptables en ángulo recto, debiendo efectuarse por medio de codos de radio largo, varios codos menores de 90° o cajas de registro.
- Cajas de registro para tubería enterrada: deben localizarse en los puntos que a continuación se especifican y obligatoriamente cuando sea posible en áreas no construidas.

- En extremos iniciales de ramales horizontales.
  - En cambios de dirección horizontal o vertical.
  - En extremos inferiores de bajadas pluviales.
  - En cambios de diámetro.
  - En intersección de tuberías.
  - A distancia no mayores de 15 m, en tramos rectos.
  - Al final de colectores pluvial y sanitario (sifonadas).
- Para facilitar la limpieza y mantenimiento de las tuberías, se dotarán de registros en los extremos iniciales y a distancia no mayores de 15 m.
  - En edificios en condominio, los colectores generales deben quedar en áreas comunes y preferiblemente en ductos para instalaciones.
  - Las bajadas de agua pluvial no pueden usarse como tuberías de ventilación del drenaje sanitario.

Para fines de diseño, es necesario tomar en cuenta que el uso de las instalaciones sanitarias será de tercera clase, que corresponde a las instalaciones de uso público, donde no existe límite en el número de personas ni en el uso.

**Tabla 26. Diámetro de las derivaciones en colector**

| Derivación en colector |       | Número máximo de unidades de descarga |           |       |        |
|------------------------|-------|---------------------------------------|-----------|-------|--------|
| mm                     | Pulg  | Derivación<br>horizontal s = 0        | Pendiente |       |        |
|                        |       |                                       | 1/100     | 2/100 | 3/100  |
| 32                     | 1.1/4 | 1                                     | 1         | 1     | 1      |
| 38                     | 1.1/2 | 2                                     | 2         | 2     | 2      |
| 50                     | 2     | 4                                     | 5         | 6     | 8      |
| 63                     | 2.1/2 | 10                                    | 12        | 15    | 18     |
| 75                     | 3     | 20                                    | 24        | 27    | 36     |
| 100                    | 4     | 68                                    | 84        | 96    | 114    |
| 125                    | 5     | 144                                   | 180       | 234   | 280    |
| 150                    | 6     | 264                                   | 330       | 440   | 580    |
| 200                    | 8     | 696                                   | 870       | 1150  | 1680   |
| 250                    | 10    | 1392                                  | 1740      | 2500  | 3600   |
| 300                    | 12    | 2400                                  | 3000      | 4200  | 6500   |
| 350                    | 14    | 4800                                  | 6000      | 8500  | 135000 |

Fuente: Rodríguez, 2007, p.72.

Con la tabla anterior se determina que la tubería PVC de  $\varnothing 3"$  es la indicada para este sistema, la cual conecta 12 artefactos solamente en el primer nivel. El volumen de aguas negras para edificios comerciales sin cafetería, gimnasio o regaderas es de 60 L/persona/día, para evacuar este volumen se debe colocar la tubería con una pendiente de 1.5%.

- Drenaje pluvial

Su único objetivo debe ser la evacuación de las aguas provenientes de la escorrentía producida por la precipitación pluvial, debiendo diseñarse el sistema de acuerdo a los requisitos siguientes del FHA:

- La pendiente mínima para techos y áreas impermeables es de 1%.
- Los sumideros de techos deben ubicarse adecuadamente con el fin de facilitar la evacuación del agua, no siendo aceptables localizaciones que a juicio del FHA presenten obstáculos que dificulten el escurrimiento hacia ellos. Las bocas de los mismos deben protegerse con rejillas de material inoxidable, que eviten el ingreso de objetos extraños a las tuberías.
- Las bajadas deben ubicarse si es posible en paredes que den al exterior de la edificación, protegidas adecuadamente con mortero tipo “A” concreto u otro material aprobado por el FHA.
- El área máxima a drenar con un bajante, según su diámetro es la siguiente:

**Tabla 27. Áreas máximas a drenar según diámetro**

| <b>Diámetro (pulg)</b>                        | <b>Área máxima (m²)*</b> |
|-----------------------------------------------|--------------------------|
| 2                                             | 30                       |
| 2.1/2                                         | 60                       |
| 3                                             | 100                      |
| 4                                             | 210                      |
| 6                                             | 625                      |
| (*) Para intensidades de lluvia de 200 mm/hr. |                          |

Fuente: FHA, 1984, p. 84.

Se distribuye la losa en nueve áreas tributarias y la mayor de ellas es de 36.56 m², desnivel de 1.5 % para conducir el agua hacia las bajadas

de agua. Se debe considerar la intensidad de lluvia en la zona y tomar en cuenta que alcanza su nivel máximo durante los primeros doce minutos.

Para determinar el diámetro de la tubería se aplica lo siguiente:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal de aguas de lluvia (m³/s)

C = Coeficiente para escorrentía para superficie de concreto

i = Intensidad de lluvia = 134 mm/hr (Weather Spark, s.f., recuperado de: [https://es.weatherspark.com/y/12331/Clima\\*promedio-en-Candelaria-de-La-Frontera-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o](https://es.weatherspark.com/y/12331/Clima*promedio-en-Candelaria-de-La-Frontera-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o))

Área tributaria = 36.56 m² = 0.003656 hectáreas

El valor de C puede estimarse:

**Tabla 28. Valor de coeficiente de escorrentía**

| Descripción                        | Coeficiente (C) |
|------------------------------------|-----------------|
| Superficies impermeables de techos | 0.75 a 0.95     |
| Pavimentos de asfalto y concreto   | 0.85 a 0.90     |
| Jardines, parques o prados         | 0.05 a 0.25     |

Fuente: Rodríguez, 2007, p. 76.

Por ser una superficie impermeable se estimó una C (relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia en el área) de 0.97, debido a que no se necesita infiltración.

$$Q = \frac{0.97 * 134 * 0.003656}{360} = 0.00132 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conocido el caudal y la pendiente del área se determinó el diámetro respectivo.

Para la obtención del diámetro en cm se utilizó la fórmula de Manning

$$D = \left( \frac{691000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D = Diámetro interno del tubo en cm

Q = Caudal de aguas de lluvia

n = Coeficiente de rugosidad

S = Pendiente

**Tabla 29. Coeficientes de rugosidad “n” para las fórmulas de Manning en tuberías, centro de capacitación**

| Material                           | n     |
|------------------------------------|-------|
| PVC y polietileno de alta densidad | 0.009 |
| Asbesto cemento                    | 0.010 |
| Hierro fundido nuevo               | 0.013 |
| Hierro fundido usado               | 0.017 |
| Concreto liso                      | 0.012 |
| Concreto rugoso                    | 0.016 |

Continuación de tabla 29.

|                                          |       |
|------------------------------------------|-------|
| Mampostería con mortero de cemento       | 0.020 |
| Acero soldado con revestimiento interior | 0.011 |
| Acero sin revestimiento                  | 0.014 |
| Acero galvanizado nuevo o usado          | 0.014 |

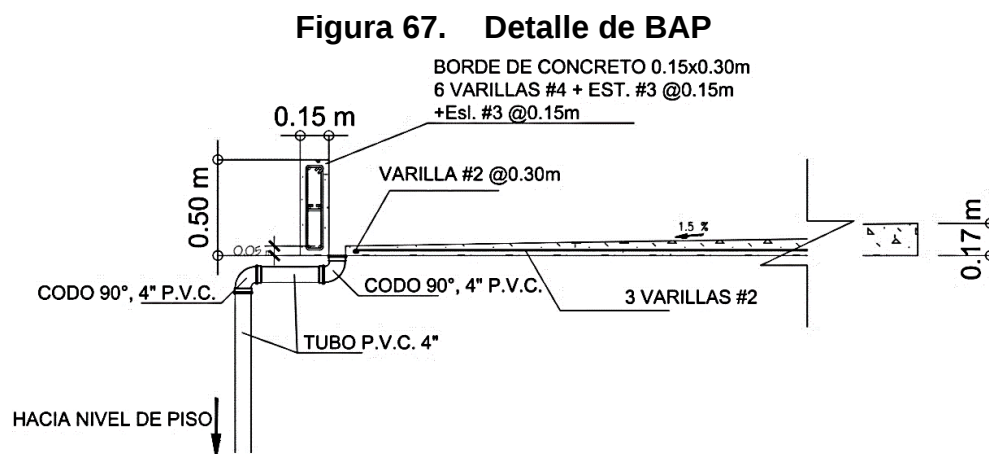
Fuente: Rodríguez, 2007, p. 79.

$$D = \left( \frac{691000 * 0.00132 * 0.010}{0.015^{1/2}} \right)^{3/8} = 5.04 \text{ cm} = 1.98 \text{ pulg}$$

Por la zona lluviosa en la que se encuentra la edificación se propone tubería de 3 pulgadas de diámetro de PVC.

Para que el agua se conduzca hacia las bajadas de agua se diseñaron canales de concreto con una pendiente de 1.5%.

El detalle del canal y las bajadas de agua pluvial queda de la siguiente manera:



Fuente: elaboración propia

## 2.10. Instalaciones hidráulicas

Toda edificación debe proveerse de agua potable, en cantidad y presión suficientes para satisfacer las necesidades y servicios de las mismas, de acuerdo a los siguientes requisitos mínimos:

Federal Housing Administratio (s.f.):

- La potabilidad del agua reunirá los requisitos especificados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y pueda provenir de servicios públicos establecidos, pozos que reúnan condiciones aceptables o de otras fuentes que llenen las condiciones que sobre el particular estipule el FHA, quien se reserva el derecho de requerir análisis sanitarios del agua cuando lo considere conveniente.
- Son aceptables redes de distribución formadas por líneas abiertas dentro de cada unidad de vivienda, solamente cuando sirvan artefactos cuya utilización simultánea sea improbable. De otra forma deben diseñarse circuitos cerrados. El diámetro de las tuberías debe estar de acuerdo al cálculo respectivo, pero nunca será menor de 1/2".
- Las tuberías deben colocarse lo más apartado posible de los de drenaje y nunca a un nivel inferior que éstas.
- En los puntos de cruce entre tubería de agua y drenaje, las primeras deben quedar por lo menos 0.20 m., por encima, protegidas con mortero tipo "A" o concreto en una longitud de un metro hacia cada lado del cruce (p. 79).

Este edificio cuenta con un sistema de agua potable en el cual la red principal debe estar, como mínimo, a 30 cm por debajo del nivel de piso, además se debe colocar sus respectivas llaves de paso y de globo.

Para el diseño de la red hidráulica se usó el método de Hunter, el cual es un método probabilístico que consiste en asignar a cada aparato sanitario o grupo de aparatos sanitarios, un número de “unidades de gasto” o “peso” determinado, funcionando el 1% del tiempo.

Este método considera elementos sanitarios de uso intermitente y tiene en cuenta el hecho de que cuanto mayor es su número, la proporción del uso simultáneo de los aparatos disminuye. Para estimar la máxima demanda de agua de un edificio o sección de él, debe tenerse en cuenta si el tipo de servicio que prestarán los aparatos es público o privado (Rodríguez, 2007, p. 46).

Solamente el primer nivel cuenta con artefactos sanitarios, los cuales son: 4 inodoros, 2 duchas, 4 lavamanos y 1 llave de chorro para posteriores expansiones.

**Tabla 30. Unidades de gasto para el cálculo de tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso público)**

| Pieza            | Tipo                       | Unidades de gasto |           |               |
|------------------|----------------------------|-------------------|-----------|---------------|
|                  |                            | Total             | Agua fría | Agua caliente |
| Tina             | ---                        | 4                 | 3         | 3             |
| Lavadero de ropa | ---                        | 8                 | 4.50      | 4.50          |
| Ducha            | ---                        | 4                 | 3         | 3             |
| Inodoro          | Con tanque                 | 5                 | 5         | ---           |
| Inodoro          | Con válvula semiautomática | 8                 | 8         | ---           |

Continuación de tabla 30.

|           |                            |    |      |      |
|-----------|----------------------------|----|------|------|
| Lavadero  | Cocina hotel, restaurante  | 4  | 3    | 3    |
| Bebedero  | Simple                     | 1  | 1    | ---  |
| Bebedero  | Múltiple                   | 1* | 1*   | ---  |
| Lavatorio | Corriente                  | 2  | 1.50 | 1.50 |
| Lavatorio | Múltiple                   | 2* | 1.50 | 1.50 |
| Botadero  | ---                        | 3  | 2    | 2    |
| Urinario  | Con tanque                 | 3  | 3    | ---  |
| Urinario  | Con válvula semiautomática | 5  | 5    | ---  |

Fuente: Rodríguez, 2007, p. 49.

A continuación, se muestran los gastos probables para la aplicación del método de Hunter, los datos están dados en litros por segundo.

**Tabla 31. Gastos probables para la aplicación del método de Hunter (L/s)**

| No. de unidades | Gasto  |         | No. de unidades | Gasto  |         |
|-----------------|--------|---------|-----------------|--------|---------|
|                 | Tanque | Válvula |                 | Tanque | Válvula |
| 3               | 0.12   | ---     | 40              | 0.91   | 1.74    |
| 4               | 0.16   | ---     | 42              | 0.95   | 1.78    |
| 5               | 0.23   | 0.91    | 44              | 1.00   | 1.82    |
| 6               | 0.25   | 0.94    | 46              | 1.03   | 1.84    |
| 7               | 0.28   | 0.97    | 48              | 1.09   | 1.92    |
| 8               | 0.29   | 1.00    | 50              | 1.13   | 1.97    |
| 9               | 0.32   | 1.03    | 55              | 1.19   | 2.04    |
| 10              | 0.34   | 1.06    | 60              | 1.25   | 2.11    |

Continuación de tabla 31.

|    |      |      |     |      |      |
|----|------|------|-----|------|------|
| 12 | 0.38 | 1.12 | 65  | 1.31 | 2.17 |
| 14 | 0.42 | 1.17 | 70  | 1.36 | 2.23 |
| 16 | 0.46 | 1.22 | 75  | 1.41 | 2.29 |
| 18 | 0.50 | 1.27 | 80  | 1.45 | 2.35 |
| 20 | 0.54 | 1.33 | 85  | 1.50 | 2.40 |
| 22 | 0.58 | 1.37 | 90  | 1.56 | 2.45 |
| 24 | 0.61 | 1.42 | 95  | 1.62 | 2.50 |
| 26 | 0.67 | 1.45 | 100 | 1.67 | 2.55 |
| 28 | 0.71 | 1.51 | 110 | 1.75 | 2.60 |
| 30 | 0.75 | 1.55 | 120 | 1.83 | 2.72 |
| 32 | 0.79 | 1.59 | 130 | 1.91 | 2.80 |
| 34 | 0.82 | 1.63 | 140 | 1.98 | 2.85 |
| 36 | 0.85 | 1.67 | 150 | 2.06 | 2.95 |
| 38 | 0.88 | 1.70 | 160 | 2.14 | 3.04 |

Fuente: Rodríguez, 2007, p. 50.

La estimación de la demanda queda de la siguiente manera:

4 inodoros \* 5 unidades hunter = 20 U.H.

2 duchas \* 4 unidades hunter = 8 U.H.

2 lavamanos \* 2 unidades hunter = 8 U.H.

1 llave de chorro \* 1 unidad hunter = 1 U.H.

En total existen 37 U.H. lo cual da indica una demanda máxima probable de 0.88 L/s. Según pruebas realizadas en la red de la finca escuela que dieron como resultado una velocidad en la red de 2 m/s.

Por lo tanto, el diámetro de la tubería es:  $Q = A \cdot V$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.00088}{2} = 0.00044 \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.00044}{\pi}} = 0.011835 \text{ m}$$

$$r = 0.47 \text{ pulg}$$

Por condiciones de diseño, se utilizó tubería de 3 pulgadas para una mejor evacuación de las aguas negras.

## 2.11. Presupuesto

El costo total del proyecto centro de capacitación en la Finca Escuela Trinacional de la Empresa Río Lempa es de \$ 254,928.66, doscientos cincuenta y cuatro mil novecientos veintiocho dólares con sesenta y seis centavo (Q 1,984,534.78, un millón novecientos ochenta y cuatro mil quinientos treinta y cuatro quetzales con setenta y ocho centavos).

El resumen del presupuesto se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 32. Resumen presupuesto centro de capacitación**

| No. | Renglón                                                                      | Cantidad | Unidad         | Costo unitario del renglón | Costo total del Renglón | Costo total del Renglón |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1   | Trabajos preliminares                                                        | 385.03   | m <sup>2</sup> | \$ 4.53                    | \$ 1,742.86             | Q 13,731.53             |
| 2   | Zapata de cimentación                                                        | 36.00    | unidad         | \$ 432.56                  | \$ 15,572.31            | Q 122,688.94            |
| 3   | Columna C-1 (primer nivel)                                                   | 180.00   | m              | \$ 132.07                  | \$ 23,773.44            | Q 187,301.83            |
| 4   | Columna C-2 (segundo nivel)                                                  | 96.00    | m              | \$ 131.91                  | \$ 12,663.78            | Q 99,773.17             |
| 5   | Vigas T-1 (primer nivel)                                                     | 374.98   | m              | \$ 51.20                   | \$ 19,199.43            | Q 151,263.04            |
| 6   | Vigas T-2 (segundo nivel)                                                    | 163.05   | m              | \$ 79.27                   | \$ 12,924.65            | Q 101,828.09            |
| 7   | Solera de humedad                                                            | 121.02   | m              | \$ 26.61                   | \$ 3,220.07             | Q 25,369.94             |
| 8   | Solera intermedia tipo U (primer nivel)                                      | 242.04   | m              | \$ 22.83                   | \$ 5,526.63             | Q 43,546.21             |
| 9   | Columna C-3 (primer nivel)                                                   | 81.00    | m              | \$ 32.94                   | \$ 2,667.89             | Q 21,019.48             |
| 10  | Solera intermedia tipo U (segundo nivel)                                     | 174.00   | m              | \$ 23.51                   | \$ 4,090.93             | Q 32,233.81             |
| 11  | Columna C-3 (segundo nivel)                                                  | 250.04   | m              | \$ 31.88                   | \$ 7,970.14             | Q 62,794.28             |
| 12  | Levantado de block (primer nivel)                                            | 250.15   | m <sup>2</sup> | \$ 35.80                   | \$ 8,955.16             | Q 70,562.30             |
| 13  | Levantado de block (segundo nivel)                                           | 113.69   | m <sup>2</sup> | \$ 42.47                   | \$ 4,829.01             | Q 38,049.69             |
| 14  | Losa plana de 12 cm de espesor (primer nivel)                                | 253.15   | m <sup>2</sup> | \$ 89.98                   | \$ 22,778.96            | Q 179,472.61            |
| 15  | Losa plana de 12 cm de espesor (segundo nivel)                               | 219.36   | m <sup>2</sup> | \$ 90.41                   | \$ 19,831.73            | Q 156,251.63            |
| 16  | Fundición de canales de concreto                                             | 76.40    | m <sup>3</sup> | \$ 68.60                   | \$ 5,241.36             | Q 41,293.68             |
| 17  | Módulo de gradas                                                             | 1.00     | unidad         | \$ 2,062.86                | \$ 2,062.86             | Q 16,252.46             |
| 18  | Levantado de bordillo de block                                               | 12.08    | m <sup>2</sup> | \$ 28.12                   | \$ 339.84               | Q 2,677.78              |
| 19  | Base de piso                                                                 | 320.00   | m <sup>2</sup> | \$ 27.61                   | \$ 8,834.94             | Q 69,608.39             |
| 20  | Pisos                                                                        | 409.12   | m <sup>2</sup> | \$ 17.63                   | \$ 7,213.90             | Q 56,836.75             |
| 21  | Acera de empedrado fraguado                                                  | 77.32    | m              | \$ 75.16                   | \$ 5,811.68             | Q 45,788.86             |
| 22  | Acabados en paredes, columnas, techo y vigas + pintura (primer nivel)        | 797.39   | m <sup>2</sup> | \$ 21.74                   | \$ 17,331.86            | Q 136,555.65            |
| 23  | Acabados en paredes, columnas, techo y vigas + pintura (segundo nivel)       | 687.42   | m <sup>2</sup> | \$ 21.79                   | \$ 14,979.77            | Q 118,023.68            |
| 24  | Portón metálico de 2.65 m de alto x 3.45 m de ancho                          | 2.00     | unidad         | \$ 1,038.16                | \$ 2,076.32             | Q 15,626.28             |
| 25  | Suministro e instalación de puertas (primer nivel)                           | 8.00     | unidad         | \$ 101.34                  | \$ 810.73               | Q 6,387.58              |
| 26  | Suministro e instalación de puerta metálica de 90 cm x 210 cm (primer nivel) | 1.00     | unidad         | \$ 151.50                  | \$ 151.50               | Q 1,108.09              |
| 27  | Suministro e instalación de puertas (segundo nivel)                          | 7.00     | unidad         | \$ 101.34                  | \$ 709.38               | Q 5,589.13              |
| 28  | Balcón para ventana 2.00 m x 1.00 m (primer nivel)                           | 5.00     | unidad         | \$ 205.49                  | \$ 1,027.43             | Q 7,923.98              |
| 29  | Balcón para ventana 2.00 m x 1.00 m (segundo nivel)                          | 9.00     | unidad         | \$ 215.79                  | \$ 1,942.08             | Q 14,959.30             |
| 30  | Balcón para ventana 1.00 m x 1.00 m (primer nivel)                           | 14.00    | unidad         | \$ 212.78                  | \$ 2,978.88             | Q 23,042.59             |

Continuación de tabla 32.

|                    |                                                                |        |        |                      |                       |             |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|--------|--------|----------------------|-----------------------|-------------|
| 31                 | Balcón para ventana 1.00 m x 1.00 m (segundo nivel)            | 2.00   | unidad | \$ 224.97            | \$ 449.93             | Q 3,459.44  |
| 32                 | Instalación de bajadas de agua pluvial                         | 58.50  | m      | \$ 41.34             | \$ 2,418.26           | Q 19,052.96 |
| 33                 | Cuneta de drenaje de agua pluvia                               | 75.14  | m      | \$ 9.89              | \$ 743.05             | Q 5,854.36  |
| 34                 | Suministro e instalación tubería de agua potable               | 44.43  | m      | \$ 39.74             | \$ 1,765.62           | Q 13,910.71 |
| 35                 | Suministro e instalación de tubería de drenaje                 | 33.45  | m      | \$ 13.13             | \$ 439.25             | Q 3,460.59  |
| 36                 | Suministro e instalación eléctrica (iluminación primer nivel)  | 1.00   | unidad | \$ 4,019.50          | \$ 4,019.50           | Q 25,753.42 |
| 37                 | Suministro e instalación eléctrica (iluminación segundo nivel) | 1.00   | unidad | \$ 3,378.95          | \$ 3,378.95           | Q 20,552.35 |
| 38                 | Suministro e instalación eléctrica (fuerza primer nivel)       | 1.00   | unidad | \$ 1,836.98          | \$ 1,836.98           | Q 7,647.43  |
| 39                 | Suministro e instalación eléctrica (fuerza segundo nivel)      | 1.00   | unidad | \$ 943.96            | \$ 943.96             | Q 4,096.43  |
| 40                 | Limpieza final                                                 | 385.03 | m²     | \$ 4.35              | \$ 1,673.64           | Q 13,186.34 |
| <b>COSTO TOTAL</b> |                                                                |        |        | <b>\$ 254,928.66</b> | <b>Q 1,984,534.78</b> |             |

Fuente: elaboración propia

### 2.11.1. Costos indirectos

Los costos indirectos se determinaron valorizando los gastos administrativos que requiere el proyecto para un periodo de 7 meses, representados mediante un porcentaje en el cual se aplica el IVA y Administración de Fondos de Pensiones - AFP -.

Los costos indirectos aplicados en el proyecto son los siguientes:

**Tabla 33. Gastos administrativos para 7 meses, centro de capacitación**

| Mano de obra calificada |          |            |           |                    |                    |
|-------------------------|----------|------------|-----------|--------------------|--------------------|
| Plaza                   | Hora/día | Costo/hora | Costo/mes | Subtotal           | Subtotal           |
| Ingeniero               | 4        | \$ 7.62    | \$ 914.87 | \$ 6,404.07        | Q 50,400.00        |
| Secretaria              | 2        | \$ 1.91    | \$ 114.36 | \$ 800.51          | Q 6,300.00         |
| Contador                | 1        | \$ 2.54    | \$ 76.24  | \$ 533.67          | Q 4,200.00         |
| Dibujante               | 4        | \$ 2.54    | \$ 304.96 | \$ 2,134.69        | Q 16,800.00        |
| <b>Total</b>            |          |            |           | <b>\$ 9,872.94</b> | <b>Q 77,700.00</b> |

| Alquileres y depreciaciones           |           |                  |                   |
|---------------------------------------|-----------|------------------|-------------------|
| Plaza                                 | Costo/mes | Subtotal         | Subtotal          |
| Alquiler de local                     | \$ 57.18  | \$ 400.25        | Q 3,150.00        |
| Energía eléctrica, internet, teléfono | \$ 38.12  | \$ 266.84        | Q 2,100.00        |
| Depreciación de oficina               | \$ 19.06  | \$ 133.42        | Q 1,050.00        |
| Mantenimiento en general              | \$ 19.06  | \$ 133.42        | Q 1,050.00        |
| <b>Total</b>                          |           | <b>\$ 933.93</b> | <b>Q 7,350.00</b> |

| Prestaciones   |            |             |                    |                    |
|----------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|
| Reglón         | Porcentaje | Salario     | Subtotal           | Subtotal           |
| I.S.S.S.       | 10.50%     | \$ 9,872.94 | \$ 1,036.66        | Q 8,158.50         |
| Prestaciones   | 41.00%     | \$ 9,872.94 | \$ 4,047.90        | Q 31,857.00        |
| Seguros varios | 12.00%     | \$ 9,872.94 | \$ 1,184.75        | Q 9,324.00         |
| <b>Total</b>   |            |             | <b>\$ 6,269.31</b> | <b>Q 49,339.50</b> |

|                             |              |              |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| <b>Total</b>                | \$ 17,076.18 | Q 134,389.50 |
| <b>% de costos directos</b> | 9%           | 9%           |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 34. Desglose de impuestos, centro de capacitación**

| Desglose de impuestos                   |                      |                       |
|-----------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Descripción                             | Total                | Total                 |
| Total de materiales                     | \$ 118,010.57        | Q 911,229.27          |
| Total de mano de obra                   | \$ 64,443.45         | Q 516,889.86          |
| Total de maquinaria y equipo            | \$ 2,496.85          | Q 20,550.00           |
| <b>Total costos directos</b>            | <b>\$ 184,950.87</b> | <b>Q 1,448,669.13</b> |
|                                         |                      |                       |
| Utilidad (15% de costos directos)       | \$ 27,742.63         | Q 217,300.37          |
|                                         |                      |                       |
| AFP (7.5% sobre utilidad)               | \$ 2,080.70          | Q 16,297.53           |
| IVA (13% sobre utilidad y mano de obra) | \$ 11,984.19         | Q 95,444.73           |
| <b>Total</b>                            | <b>\$ 14,064.89</b>  | <b>Q 111,742.26</b>   |
| <b>% de costos indirectos</b>           | <b>8%</b>            | <b>8%</b>             |

Fuente: elaboración propia

### 2.11.2. Integración de costos unitarios

Se muestra la integración de costos unitarios por renglón de trabajo del centro de capacitación en la Finca Escuela Trinacional, Candelaria de la Frontera, Santa Ana, El Salvador.

**Tabla 35. Trabajos preliminares, centro de capacitación**

| No. | Renglón               | Cantidad | Unidad         | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------|----------|----------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1   | Trabajos preliminares | 385.03   | m <sup>2</sup> | \$ 4.53                    | \$ 1,742.86             | Q 13,731.53             |

| Materiales de construcción |                                             |          |        |                 |          |          |
|----------------------------|---------------------------------------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.                        | Descripción                                 | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| 1                          | Hilo de nylon carrete de 100 m              | 2.00     | rollo  | \$ 1.50         | \$ 3.00  | Q 23.60  |
| 2                          | Regla de madera de 3 pulg x 2 pulg x 10 pie | 13.00    | unidad | \$ 3.00         | \$ 39.00 | Q 306.93 |
| 3                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie | 7.00     | unidad | \$ 3.50         | \$ 24.50 | Q 192.78 |
| 4                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                | 7.00     | libra  | \$ 1.50         | \$ 10.50 | Q 82.60  |
| 5                          | Cal hidratada                               | 5.00     | saco   | \$ 4.50         | \$ 22.50 | Q 177.10 |
| Total materiales           |                                             |          |        | \$              | 99.50    | Q 783.01 |

| Mano de obra |                       |          |                |                 |           |            |
|--------------|-----------------------|----------|----------------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción           | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Chapeo                | 385.03   | m <sup>2</sup> | \$ 0.89         | \$ 342.47 | Q 2,695.21 |
| ii           | Replanteo topográfico | 385.03   | m <sup>2</sup> | \$ 1.27         | \$ 489.24 | Q 3,850.30 |
| iii          | Trazo y estaqueo      | 385.03   | m <sup>2</sup> | \$ 0.89         | \$ 342.47 | Q 2,695.21 |
| Total m.o.   |                       |          |                | \$              | 1,174.17  | Q 9,240.72 |

**Total costo directo \$ 1,273.67 Q 10,023.73**

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      | Total      |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 1,273.67   | 5%  | \$ 63.68  | Q 501.19   |            |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,273.67   | 8%  | \$ 96.86  | Q 773.17   |            |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,273.67   | 9%  | \$ 117.60 | Q 929.88   |            |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,273.67   | 15% | \$ 191.05 | Q 1,503.56 |            |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$        | 469.19     | Q 3,707.80 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 36. Zapata de cimentación, centro de capacitación**

| No. | Renglón               | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 2   | Zapata de cimentación | 36       | unidad | \$ 432.56                  | \$ 15,572.31            | Q 122,688.94            |

| Materiales de construcción |                                                   |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|---------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                       | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                             | 580.00   | saco    | \$ 9.00         | \$ 5,220.00 | Q 41,081.40 |
| 2                          | Arena de río                                      | 32.00    | m³      | \$ 30.00        | \$ 960.00   | Q 7,555.20  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                 | 29.00    | m³      | \$ 45.00        | \$ 1,305.00 | Q 10,270.35 |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo | 282.00   | varilla | \$ 3.35         | \$ 944.70   | Q 7,433.52  |
| 6                          | Alambre de amarre calibre 16                      | 37.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 27.75    | Q 218.30    |
| Total materiales           |                                                   |          |         | \$ 8,457.45     | Q 66,558.77 |             |

| Mano de obra |             |          |        |                 |             |             |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Excavación  | 259.92   | m³     | \$ 5.72         | \$ 1,486.20 | Q 11,696.40 |
| ii           | Armado      | 36.00    | unidad | \$ 3.56         | \$ 128.08   | Q 1,008.00  |
| iii          | Fundición   | 45.49    | m³     | \$ 25.41        | \$ 1,155.93 | Q 9,097.20  |
| Total m.o.   |             |          |        | \$ 2,770.22     | Q 21,801.60 |             |

| Maquinria y equipo |             |          |        |                 |            |            |
|--------------------|-------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.                | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i                  | Mezcladora  | 4        | día    | \$ 38.12        | \$ 152.48  | Q 1,200.00 |
| Total m. y e.      |             |          |        | \$ 152.48       | Q 1,200.00 |            |

**Total Costo directo \$ 11,380.15 Q 89,560.37**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 11,380.15  | 5%  | \$ 569.01   | Q 4,478.02  |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 11,380.15  | 8%  | \$ 865.42   | Q 6,908.19  |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 11,380.15  | 9%  | \$ 1,050.71 | Q 8,308.30  |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 11,380.15  | 15% | \$ 1,707.02 | Q 13,434.06 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 4,192.16 | Q 33,128.57 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 37. Columna C-1 (primer nivel)**

| No. | Renglón                    | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 3   | Columna C-1 (primer nivel) | 180.00   | m      | \$ 132.07                  | \$ 23,773.44            | Q 187,301.83            |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |              |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|--------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total        | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 367.00   | saco    | \$ 9.00         | \$ 3,303.00  | Q 25,994.61 |
| 2                          | Arena de río                                               | 20.00    | m³      | \$ 30.00        | \$ 600.00    | Q 4,722.00  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 19.00    | m³      | \$ 45.00        | \$ 855.00    | Q 6,728.85  |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 5/4 pulg, G60 legítimo          | 124.00   | varilla | \$ 35.00        | \$ 4,340.00  | Q 34,155.80 |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 1 pulg, G60 legítimo            | 124.00   | varilla | \$ 22.00        | \$ 2,728.00  | Q 21,469.36 |
| 6                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo               | 527.00   | varilla | \$ 3.35         | \$ 1,765.45  | Q 13,891.72 |
| 7                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 94.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 70.50     | Q 554.60    |
| 8                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 6.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 9.00      | Q 70.80     |
| 9                          | Clavo de acero de 2 pulg                                   | 6.00     | libra   | \$ 0.75         | \$ 4.50      | Q 35.40     |
| 10                         | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie | 15.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 52.50     | Q 413.10    |
| 11                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 30.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 105.00    | Q 826.20    |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$ 13,832.95    | Q 108,862.44 |             |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |             |            |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total      |
| i            | Armado                              | 180.00   | m      | \$ 3.81         | \$ 686.15   | Q 5,400.00 |
| ii           | Elaboración de estribos             | 1932.00  | unidad | \$ 0.25         | \$ 490.98   | Q 3,864.00 |
| iii          | Colocación y nivelación             | 180.00   | m      | \$ 3.81         | \$ 686.15   | Q 5,400.00 |
| iv           | Formaleteado                        | 180.00   | m      | \$ 2.54         | \$ 457.43   | Q 3,600.00 |
| v            | Elaboración y fundición de concreto | 28.80    | m³     | \$ 25.41        | \$ 731.89   | Q 5,760.00 |
| vi           | Desencofrado                        | 180.00   | m      | \$ 1.02         | \$ 182.97   | Q 1,440.00 |
| Total m.o.   |                                     |          |        | \$ 3,235.58     | Q 25,464.00 |            |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |            |            |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i                   | Mezcladora  | 8        | día    | \$ 38.12        | \$ 304.96  | Q 2,400.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$ 304.96       | Q 2,400.00 |            |

**Total costo directo \$ 17,373.49 Q 136,726.44**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 17,373.49  | 5%  | \$ 868.67   | Q 6,836.32  |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 17,373.49  | 8%  | \$ 1,321.20 | Q 10,546.32 |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 17,373.49  | 9%  | \$ 1,604.06 | Q 12,683.78 |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 17,373.49  | 15% | \$ 2,606.02 | Q 20,508.97 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 6,399.95 | Q 50,575.39 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 38. Columna C-2 (segundo nivel)**

| No. | Renglón                     | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 4   | Columna C-2 (segundo nivel) | 96.00    | m      | \$ 131.91                  | \$ 12,663.78            | Q 99,773.17             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 196.00   | saco    | \$ 9.00         | \$ 1,764.00 | Q 13,882.68 |
| 2                          | Arena de río                                               | 11.00    | m³      | \$ 30.00        | \$ 330.00   | Q 2,597.10  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 10.00    | m³      | \$ 45.00        | \$ 450.00   | Q 3,541.50  |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 5/4 pulg, G60 legítimo          | 66.00    | varilla | \$ 35.00        | \$ 2,310.00 | Q 18,179.70 |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 1 pulg, G60 legítimo            | 66.00    | varilla | \$ 22.00        | \$ 1,452.00 | Q 11,427.24 |
| 6                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo               | 281.00   | varilla | \$ 3.35         | \$ 941.35   | Q 7,407.16  |
| 7                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 50.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 37.50    | Q 295.00    |
| 8                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 5.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 7.50     | Q 59.00     |
| 9                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie | 8.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 28.00    | Q 220.32    |
| 10                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 16.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 56.00    | Q 440.64    |
| Total materiales           |                                                            |          |         |                 | \$ 7,376.35 | Q 58,050.34 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |             |             |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Armado                              | 96.00    | m      | \$ 3.81         | \$ 365.95   | Q 2,880.00  |
| ii           | Elaboración de estribos             | 1031.00  | unidad | \$ 0.25         | \$ 262.01   | Q 2,062.00  |
| iii          | Colocación y nivelación             | 96.00    | m      | \$ 3.81         | \$ 365.95   | Q 2,880.00  |
| iv           | Formaleteado                        | 96.00    | m      | \$ 2.54         | \$ 243.96   | Q 1,920.00  |
| v            | Elaboración y fundición de concreto | 15.36    | m³     | \$ 25.41        | \$ 390.34   | Q 3,072.00  |
| vi           | Desencofrado                        | 96.00    | m      | \$ 1.02         | \$ 97.59    | Q 768.00    |
| Total m.o.   |                                     |          |        |                 | \$ 1,725.79 | Q 13,582.00 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |            |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i                   | Mezcladora  | 4        | día    | \$ 38.12        | \$ 152.48 | Q 1,200.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        |                 | \$ 152.48 | Q 1,200.00 |

Total costo directo \$ 9,254.62 Q 72,832.34

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 9,254.62   | 5%  | \$ 462.73   | Q 3,641.62  |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 9,254.62   | 8%  | \$ 703.78   | Q 5,617.88  |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 9,254.62   | 9%  | \$ 854.46   | Q 6,756.48  |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 9,254.62   | 15% | \$ 1,388.19 | Q 10,924.85 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 3,409.16 | Q 26,940.83 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 39. Vigas T-1 (primer nivel)**

| No. | Renglón                  | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|--------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 5   | Vigas T-1 (primer nivel) | 374.98   | m      | \$ 51.20                   | \$ 19,199.43            | Q 151,263.04            |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 382.00   | saco    | \$ 9.00         | \$ 3,438.00 | Q 27,057.06 |
| 2                          | Arena de río                                               | 21.00    | m³      | \$ 30.00        | \$ 630.00   | Q 4,958.10  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 19.00    | m³      | \$ 45.00        | \$ 855.00   | Q 6,728.85  |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 5/8 pulg, G60 legítimo          | 129.00   | varilla | \$ 9.00         | \$ 1,161.00 | Q 9,137.07  |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo          | 129.00   | varilla | \$ 5.40         | \$ 696.60   | Q 5,482.50  |
| 6                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo          | 194.00   | varilla | \$ 3.35         | \$ 649.90   | Q 5,113.84  |
| 7                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo               | 494.00   | varilla | \$ 3.35         | \$ 1,654.90 | Q 13,021.84 |
| 8                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 250.00   | libra   | \$ 0.75         | \$ 187.50   | Q 1,475.00  |
| 9                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 14.00    | libra   | \$ 1.50         | \$ 21.00    | Q 165.20    |
| 10                         | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 16.00    | unidad  | \$ 3.00         | \$ 48.00    | Q 377.76    |
| 11                         | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie | 16.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 56.00    | Q 440.64    |
| 12                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 25.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 87.50    | Q 688.50    |
| Total materiales           |                                                            |          |         |                 | \$ 9,485.40 | Q 74,646.36 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |             |             |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Armado                              | 374.98   | m      | \$ 3.81         | \$ 1,429.40 | Q 11,249.40 |
| ii           | Elaboración de estribos             | 2962.00  | unidad | \$ 0.25         | \$ 752.73   | Q 5,924.00  |
| iv           | Formateado                          | 374.98   | m      | \$ 2.54         | \$ 952.94   | Q 7,499.60  |
| v            | Elaboración y fundición de concreto | 30.00    | m³     | \$ 25.41        | \$ 762.35   | Q 5,999.68  |
| vi           | Desencofrado                        | 374.98   | m      | \$ 1.02         | \$ 381.17   | Q 2,999.84  |
| Total m.o.   |                                     |          |        |                 | \$ 4,278.59 | Q 33,672.52 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |            |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i                   | Mezcladora  | 7.00     | día    | \$ 38.12        | \$ 266.84 | Q 2,100.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        |                 | \$ 266.84 | Q 2,100.00 |

**Total costo directo \$ 14,030.83 Q 110,418.88**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 14,030.83  | 5%  | \$ 701.54   | Q 5,520.94  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 14,030.83  | 8%  | \$ 1,067.00 | Q 8,517.10  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 14,030.83  | 9%  | \$ 1,295.44 | Q 10,243.29 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 14,030.83  | 15% | \$ 2,104.62 | Q 16,562.83 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 5,168.60 | Q 40,844.16 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 40. Vigas T-2 (segundo nivel)**

| No. | Renglón                   | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|---------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 6   | Vigas T-2 (segundo nivel) | 163.05   | m      | \$ 79.27                   | \$ 12,924.65            | Q 101,828.09            |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 312.00   | saco    | \$ 9.00         | \$ 2,808.00 | Q 22,098.96 |
| 2                          | Arena de río                                               | 17.00    | m³      | \$ 30.00        | \$ 510.00   | Q 4,013.70  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 16.00    | m³      | \$ 45.00        | \$ 720.00   | Q 5,666.40  |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/4 pulg, G60 legítimo          | 56.00    | varilla | \$ 13.00        | \$ 728.00   | Q 5,729.36  |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 1 pulg, G60 legítimo            | 56.00    | varilla | \$ 22.00        | \$ 1,232.00 | Q 9,695.84  |
| 6                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo          | 84.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 281.40   | Q 2,214.24  |
| 7                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo               | 215.00   | varilla | \$ 3.35         | \$ 720.25   | Q 5,667.40  |
| 8                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 109.00   | libra   | \$ 0.75         | \$ 81.75    | Q 643.10    |
| 9                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 10.00    | libra   | \$ 1.50         | \$ 15.00    | Q 118.00    |
| 10                         | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 7.00     | unidad  | \$ 3.00         | \$ 21.00    | Q 165.27    |
| 11                         | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie | 7.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 24.50    | Q 192.78    |
| 12                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 11.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 38.50    | Q 302.94    |
| Total materiales           |                                                            |          |         |                 | \$ 7,180.40 | Q 56,507.99 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |             |             |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Armado                              | 163.05   | m      | \$ 3.81         | \$ 621.54   | Q 4,891.50  |
| ii           | Elaboración de estribos             | 1288.00  | unidad | \$ 0.25         | \$ 327.32   | Q 2,576.00  |
| iv           | Formaleteado                        | 163.05   | m      | \$ 2.54         | \$ 414.36   | Q 3,261.00  |
| v            | Elaboración y fundición de concreto | 24.46    | m³     | \$ 25.41        | \$ 621.54   | Q 4,891.50  |
| vi           | Desencofrado                        | 163.05   | m      | \$ 1.02         | \$ 165.74   | Q 1,304.40  |
| Total m.o.   |                                     |          |        |                 | \$ 2,150.50 | Q 16,924.40 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 3        | día    | \$ 38.12        | \$ 114.36 | Q 900.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        |                 | \$ 114.36 | Q 900.00 |

Total costo directo \$ 9,445.26 Q 74,332.39

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 9,445.26   | 5%  | \$ 472.26   | Q 3,716.62  |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 9,445.26   | 8%  | \$ 718.28   | Q 5,733.59  |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 9,445.26   | 9%  | \$ 872.06   | Q 6,895.63  |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 9,445.26   | 15% | \$ 1,416.79 | Q 11,149.86 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 3,479.39 | Q 27,495.70 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 41. Solera de humedad, centro de capacitación**

| No. | Renglón           | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 7   | Solera de humedad | 121.02   | m      | \$ 26.61                   | \$ 3,220.07             | Q 25,369.94             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |            |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|------------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total      | Total      |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 47.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 423.00  | Q 3,329.01 |
| 2                          | Arena de río                                               | 3.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 90.00   | Q 708.30   |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 3.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 135.00  | Q 1,062.45 |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo          | 84.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 281.40  | Q 2,214.24 |
| 5                          | Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo               | 96.00    | varilla | \$ 1.25         | \$ 120.00  | Q 944.64   |
| 6                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 27.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 20.25   | Q 159.30   |
| 7                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 11.00    | unidad  | \$ 3.00         | \$ 33.00   | Q 259.71   |
| 8                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 7.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 10.50   | Q 82.60    |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$ 1,113.15     | Q 8,760.25 |            |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |            |            |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Armado                              | 121.02   | m      | \$ 3.81         | \$ 461.32  | Q 3,630.60 |
| ii           | Elaboración de estribos             | 557.00   | unidad | \$ 0.25         | \$ 141.55  | Q 1,114.00 |
| iii          | Formaleteado                        | 121.02   | m      | \$ 2.54         | \$ 307.55  | Q 2,420.40 |
| iv           | Elaboración y fundición de concreto | 3.63     | m³     | \$ 25.41        | \$ 92.26   | Q 726.12   |
| v            | Desencofrado                        | 121.02   | m      | \$ 1.02         | \$ 123.02  | Q 968.16   |
| Total m.o.   |                                     |          |        | \$ 1,125.70     | Q 8,859.28 |            |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 3        | día    | \$ 38.12        | \$ 114.36 | Q 900.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$ 114.36       | Q 900.00  |          |

Total costo directo \$ 2,353.21 Q 18,519.53

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 2,353.21   | 5%  | \$ 117.66 | Q 925.98   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 2,353.21   | 8%  | \$ 178.95 | Q 1,428.49 |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 2,353.21   | 9%  | \$ 217.27 | Q 1,718.01 |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 2,353.21   | 15% | \$ 352.98 | Q 2,777.93 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 866.86 | Q 6,850.41 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 42. Solera intermedia tipo U (primer nivel)**

| No. | Renglón                                 | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 8   | Solera intermedia tipo U (primer nivel) | 242.04   | m      | \$ 22.83                   | \$ 5,526.63             | Q 43,546.21             |

| Materiales de construcción |                                                                  |          |         |                 |           |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-----------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                      | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total     | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                            | 43.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 387.00 | Q 3,045.69  |
| 2                          | Arena de río                                                     | 4.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 120.00 | Q 944.40    |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                                | 4.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 180.00 | Q 1,416.60  |
| 4                          | Block tipo solera (block "U") 14 cm x 19 cm x 39 cm de 35 kg/cm² | 606.00   | unidad  | \$ 0.65         | \$ 393.90 | Q 3,102.72  |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo                | 85.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 284.75 | Q 2,240.60  |
| 6                          | Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo                     | 51.00    | varilla | \$ 1.25         | \$ 63.75  | Q 501.84    |
| 7                          | Alambre de amarre calibre 16                                     | 45.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 33.75  | Q 265.50    |
| 8                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                      | 17.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 59.50  | Q 468.18    |
| Total materiales           |                                                                  |          |         | \$              | 1,522.65  | Q 11,985.53 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |           |             |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|-------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total       |
| i            | Armado                              | 242.04   | m      | \$ 3.81         | \$ 922.64 | Q 7,261.20  |
| ii           | Elaboración de estribos             | 1856.00  | unidad | \$ 0.25         | \$ 471.66 | Q 3,712.00  |
| iii          | Formaletado                         | 242.04   | m      | \$ 2.54         | \$ 615.10 | Q 4,840.80  |
| iv           | Elaboración y fundición de concreto | 4.26     | m³     | \$ 25.41        | \$ 108.26 | Q 851.98    |
| v            | Desencofrado                        | 242.04   | m      | \$ 1.02         | \$ 246.04 | Q 1,936.32  |
| Total m.o.   |                                     |          |        | \$              | 2,363.70  | Q 18,602.30 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |            |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i                   | Mezcladora  | 4        | día    | \$ 38.12        | \$ 152.48 | Q 1,200.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$              | 152.48    | Q 1,200.00 |

**Total costo directo \$ 4,038.83 Q 31,787.83**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |
| i                 | Imprevistos                                  | \$4,038.83    | 5%  | \$ 201.94   | Q 1,589.39  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$4,038.83    | 8%  | \$ 307.14   | Q 2,451.94  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$4,038.83    | 9%  | \$ 372.90   | Q 2,948.88  |
| iv                | Utilidades                                   | \$4,038.83    | 15% | \$ 605.82   | Q 4,768.17  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 1,487.80 | Q 11,758.38 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 43. Columna C-3 (primer nivel)**

| No. | Renglón                    | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 9   | Columna C-3 (primer nivel) | 81.00    | m      | \$ 32.94                   | \$ 2,667.89             | \$ 21,019.48            |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |           |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 19.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 171.00 | Q 1,345.77 |
| 2                          | Arena de río                                               | 2.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 60.00  | Q 472.20   |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 2.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 90.00  | Q 708.30   |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo          | 56.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 187.60 | Q 1,476.16 |
| 5                          | Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo               | 89.00    | varilla | \$ 1.25         | \$ 111.25 | Q 875.76   |
| 6                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 30.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 22.50  | Q 177.00   |
| 7                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 6.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 9.00   | Q 70.80    |
| 8                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 5.00     | unidad  | \$ 3.00         | \$ 15.00  | Q 118.05   |
| 9                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 6.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 21.00  | Q 165.24   |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$              | 687.35    | Q 5,409.28 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |           |            |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Armado                              | 81.00    | m      | \$ 3.81         | \$ 308.77 | Q 2,430.00 |
| ii           | Elaboración de estribos             | 621.00   | unidad | \$ 0.25         | \$ 157.81 | Q 1,242.00 |
| iii          | Colocación y nivelación             | 81.00    | m      | \$ 3.81         | \$ 308.77 | Q 2,430.00 |
| iv           | Formaleteado                        | 81.00    | m      | \$ 2.54         | \$ 205.84 | Q 1,620.00 |
| v            | Elaboración y fundición de concreto | 1.82     | m³     | \$ 25.41        | \$ 46.32  | Q 364.50   |
| vi           | Desencofrado                        | 81.00    | m      | \$ 1.02         | \$ 82.34  | Q 648.00   |
| Total m.o.   |                                     |          |        | \$              | 1,109.85  | Q 8,734.50 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |            |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i                   | Mezcladora  | 4        | día    | \$ 38.12        | \$ 152.48 | Q 1,200.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$              | 152.48    | Q 1,200.00 |

Total costo directo \$ 1,949.68 Q 15,343.78

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |                   |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|-------------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total             |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 1,949.68   | 5%  | \$ 97.48  | Q 767.19          |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,949.68   | 8%  | \$ 148.27 | Q 1,183.53        |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,949.68   | 9%  | \$ 180.01 | Q 1,423.41        |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,949.68   | 15% | \$ 292.45 | Q 2,301.57        |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$        | 718.21 Q 5,675.70 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 44. Solera intermedia tipo U (segundo nivel)**

| No. | Renglón                                  | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 10  | Solera intermedia tipo U (segundo nivel) | 174.00   | m      | \$ 23.51                   | \$ 4,090.93             | Q 32,233.81             |

| Materiales de construcción |                                                                  |          |         |                 |             |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|------------|
| No.                        | Descripción                                                      | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total      |
| 1                          | Cemento tipo portland                                            | 39.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 351.00   | Q 2,762.37 |
| 2                          | Arena de río                                                     | 3.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 90.00    | Q 708.30   |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                                | 3.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 135.00   | Q 1,062.45 |
| 4                          | Block tipo solera (block "U") 14 cm x 19 cm x 39 cm de 35 kg/cm² | 435.00   | unidad  | \$ 0.65         | \$ 282.75   | Q 2,227.20 |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo                | 61.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 204.35   | Q 1,607.96 |
| 6                          | Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo                     | 37.00    | varilla | \$ 1.25         | \$ 46.25    | Q 364.08   |
| 7                          | Alambre de amarre calibre 16                                     | 33.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 24.75    | Q 194.70   |
| 8                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                      | 12.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 42.00    | Q 330.48   |
| Total materiales           |                                                                  |          |         |                 | \$ 1,176.10 | Q 9,257.54 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |             |             |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Armado                              | 174.00   | m      | \$ 3.81         | \$ 663.28   | Q 5,220.00  |
| ii           | Elaboración de estribos             | 1334.00  | unidad | \$ 0.25         | \$ 339.01   | Q 2,668.00  |
| iii          | Formaletado                         | 174.00   | m      | \$ 2.54         | \$ 442.19   | Q 3,480.00  |
| iv           | Elaboración y fundición de concreto | 3.06     | m³     | \$ 25.41        | \$ 77.82    | Q 612.48    |
| v            | Desencofrado                        | 174.00   | m      | \$ 1.02         | \$ 176.87   | Q 1,392.00  |
| Total m.o.   |                                     |          |        |                 | \$ 1,699.17 | Q 13,372.48 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 3        | día    | \$ 38.12        | \$ 114.36 | Q 900.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        |                 | \$ 114.36 | Q 900.00 |

**Total costo directo      \$ 2,989.63    Q 23,530.02**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total      |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 2,989.63   | 5%  | \$ 149.48   | Q 1,176.50 |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 2,989.63   | 8%  | \$ 227.35   | Q 1,814.97 |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 2,989.63   | 9%  | \$ 276.03   | Q 2,182.82 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 2,989.63   | 15% | \$ 448.44   | Q 3,529.50 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 1,101.30 | Q 8,703.79 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 45. Columna C-3 (segundo nivel)**

| No. | Renglón                     | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 11  | Columna C-3 (segundo nivel) | 250.04   | m      | \$ 31.88                   | \$ 7,970.14             | Q 62,724.27             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |           |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-----------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total     | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 56.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 504.00 | Q 3,966.48  |
| 2                          | Arena de río                                               | 5.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 150.00 | Q 1,180.50  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 5.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 225.00 | Q 1,770.75  |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo          | 172.00   | varilla | \$ 3.35         | \$ 576.20 | Q 4,533.92  |
| 5                          | Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo               | 275.00   | varilla | \$ 1.25         | \$ 343.75 | Q 2,706.00  |
| 6                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 93.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 69.75  | Q 548.70    |
| 7                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 18.00    | libra   | \$ 1.50         | \$ 27.00  | Q 212.40    |
| 8                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 8.00     | unidad  | \$ 3.00         | \$ 24.00  | Q 188.88    |
| 9                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 17.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 59.50  | Q 468.18    |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$              | 1,979.20  | Q 15,575.81 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |           |             |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|-------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total       |
| i            | Armado                              | 250.04   | m      | \$ 3.81         | \$ 953.14 | Q 7,501.20  |
| ii           | Elaboración de estribos             | 1917.00  | unidad | \$ 0.25         | \$ 487.17 | Q 3,834.00  |
| iii          | Colocación y nivelación             | 250.04   | m      | \$ 3.81         | \$ 953.14 | Q 7,501.20  |
| iv           | Formaleteado                        | 250.04   | m      | \$ 2.54         | \$ 635.43 | Q 5,000.80  |
| v            | Elaboración y fundición de concreto | 5.63     | m³     | \$ 25.41        | \$ 142.97 | Q 1,125.18  |
| vi           | Desencofrado                        | 250.04   | m      | \$ 1.02         | \$ 254.17 | Q 2,000.32  |
| Total m.o.   |                                     |          |        | \$              | 3,426.01  | Q 26,962.70 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |            |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i                   | Mezcladora  | 11       | día    | \$ 38.12        | \$ 419.31 | Q 3,300.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$              | 419.31    | Q 3,300.00 |

**Total costo directo \$ 5,824.52 Q 45,838.51**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 5,824.52   | 5%  | \$ 291.23   | Q 2,291.93  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 5,824.52   | 8%  | \$ 442.94   | Q 3,485.86  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 5,824.52   | 9%  | \$ 537.77   | Q 4,232.19  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 5,824.52   | 15% | \$ 873.68   | Q 6,875.78  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 2,145.62 | Q 16,885.76 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 46. Levantado de block (primer nivel)**

| No. | Renglón                           | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 12  | Levantado de block (primer nivel) | 250.15   | m²     | \$ 35.80                   | \$ 8,955.16             | Q 54,325.35             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Block 14 cm x 19 cm x 19 cm de 35 kg/cm²                   | 3253.00  | unidad | \$ 0.55         | \$ 1,789.15 | Q 14,085.49 |
| 2                          | Cemento tipo portland                                      | 53.00    | saco   | \$ 9.00         | \$ 477.00   | Q 3,753.99  |
| 3                          | Cal hidratada                                              | 15.00    | saco   | \$ 4.50         | \$ 67.50    | Q 531.30    |
| 4                          | Arena de río                                               | 7.00     | m²     | \$ 30.00        | \$ 210.00   | Q 1,652.70  |
| 5                          | Plancha de poliestireno expandido de 1 pulg x 20 cm x 1 m  | 240.00   | unidad | \$ 9.00         | \$ 2,160.00 | Q 16,999.20 |
| 6                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 6.00     | libra  | \$ 1.50         | \$ 9.00     | Q 70.80     |
| 7                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 8.00     | unidad | \$ 3.00         | \$ 24.00    | Q 188.88    |
| 8                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 17.00    | unidad | \$ 3.50         | \$ 59.50    | Q 468.18    |
| Total materiales           |                                                            |          |        |                 | \$ 4,796.15 | Q 37,750.54 |

| Mano de obra |                    |          |        |                 |             |             |
|--------------|--------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción        | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Mezcla de mortero  | 250.15   | m²     | \$ 6.99         | \$ 1,748.22 | Q 13,758.47 |
| ii           | Levantado de block | 3253.00  | unidad | \$ 0.57         | \$ 1,860.04 | Q 14,638.50 |
| Total m.o.   |                    |          |        |                 | \$ 1,748.22 | Q 13,758.47 |

Total costo directo \$ 6,544.37 Q 51,509.01

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |             |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|-------------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total       | Total      |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 6,544.37   | 5%  | \$ 327.22 | Q 2,575.45  |            |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 6,544.37   | 8%  | \$ 497.68 | Q 37.85     |            |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 6,544.37   | 9%  | \$ 604.23 | Q 55.79     |            |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 6,544.37   | 15% | \$ 981.66 | Q 147.25    |            |
| Total c.i.        |                                              |               |     |           | \$ 2,410.79 | Q 2,816.34 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 47. Levantado de block (segundo nivel)**

| No. | Renglón                            | Cantidad | Unidad         | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------------------------|----------|----------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 13  | Levantado de block (segundo nivel) | 113.69   | m <sup>2</sup> | \$ 42.47                   | \$ 4,829.01             | Q 38,049.69             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |                |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Block 14 cm x 19 cm x 19 cm de 35 kg/cm <sup>2</sup>       | 1479.00  | unidad         | \$ 0.55         | \$ 813.45   | Q 6,404.07  |
| 2                          | Cemento tipo portland                                      | 24.00    | saco           | \$ 9.00         | \$ 216.00   | Q 1,699.92  |
| 3                          | Plancha de poliestireno expandido de 1 pulg x 20 cm x 1 m  | 171.00   | unidad         | \$ 9.00         | \$ 1,539.00 | Q 12,111.93 |
| 4                          | Cal hidratada                                              | 7.00     | saco           | \$ 4.50         | \$ 31.50    | Q 247.94    |
| 5                          | Arena de río                                               | 3.00     | m <sup>2</sup> | \$ 30.00        | \$ 90.00    | Q 708.30    |
| 6                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 3.00     | libra          | \$ 1.50         | \$ 4.50     | Q 35.40     |
| 7                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 4.00     | unidad         | \$ 3.00         | \$ 12.00    | Q 94.44     |
| 8                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 8.00     | unidad         | \$ 3.50         | \$ 28.00    | Q 220.32    |
| Total materiales           |                                                            |          |                | \$              | 2,734.45    | Q 21,522.32 |

| Mano de obra |                    |          |                |                 |           |            |
|--------------|--------------------|----------|----------------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción        | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Mezcla de mortero  | 113.69   | m <sup>2</sup> | \$ 6.99         | \$ 794.56 | Q 6,253.17 |
| ii           | Levantado de block | 1479.00  | unidad         | \$ 0.57         | \$ 845.68 | Q 6,655.50 |
| Total m.o.   |                    |          |                | \$              | 794.56    | Q 6,253.17 |

Total costo directo \$ 3,529.01 Q 27,775.49

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |                      |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|----------------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total                |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 3,529.01   | 5%  | \$ 176.45 | Q 1,388.77           |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 3,529.01   | 8%  | \$ 268.37 | Q 2,142.45           |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 3,529.01   | 9%  | \$ 325.83 | Q 2,576.66           |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 3,529.01   | 15% | \$ 529.35 | Q 4,166.32           |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$        | 1,300.00 Q 10,274.20 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 48. Losa plana de 12 cm de espesor (primer nivel)**

| No. | Renglón                                       | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 14  | Losa plana de 12 cm de espesor (primer nivel) | 253.15   | m²     | \$ 89.98                   | \$ 22,778.96            | \$ 179,472.61           |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 387.00   | saco    | \$ 9.00         | \$ 3,483.00 | Q 27,411.21 |
| 2                          | Arena de río                                               | 21.00    | m³      | \$ 30.00        | \$ 630.00   | Q 4,958.10  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 20.00    | m³      | \$ 45.00        | \$ 900.00   | Q 7,083.00  |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo          | 1016.00  | varilla | \$ 5.40         | \$ 5,486.40 | Q 43,180.00 |
| 5                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 25.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 18.75    | Q 147.50    |
| 6                          | Clavo de acero de 2 pulg                                   | 15.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 11.25    | Q 88.50     |
| 7                          | Clavo de acero de 3 pulg                                   | 10.00    | libra   | \$ 2.00         | \$ 20.00    | Q 157.40    |
| 8                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 47.00    | unidad  | \$ 3.00         | \$ 141.00   | Q 1,109.67  |
| 9                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 70.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 245.00   | Q 1,927.80  |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$ 10,935.40    | Q 86,063.18 |             |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |             |             |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Armado                              | 253.15   | m²     | \$ 9.53         | \$ 2,412.48 | Q 18,986.25 |
| i            | Formaleteado y entarimado           | 253.15   | m²     | \$ 9.53         | \$ 2,412.48 | Q 18,986.25 |
| iii          | Elaboración y fundición de concreto | 30.38    | m³     | \$ 25.41        | \$ 771.99   | Q 6,075.60  |
| iv           | Desencofrado                        | 253.15   | m      | \$ 1.02         | \$ 257.33   | Q 2,025.20  |
| Total m.o.   |                                     |          |        | \$ 5,596.96     | Q 44,048.10 |             |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 3        | día    | \$ 38.12        | \$ 114.36 | Q 900.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$ 114.36       | Q 900.00  |          |

Total costo directo \$ 16,646.72 Q 131,011.28

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 16,646.72  | 5%  | \$ 832.34   | Q 6,550.56  |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 16,646.72  | 8%  | \$ 1,265.93 | Q 10,105.48 |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 16,646.72  | 9%  | \$ 1,536.96 | Q 12,153.60 |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 16,646.72  | 15% | \$ 2,497.01 | Q 19,651.69 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 6,132.24 | Q 48,461.33 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 49. Losa de 12 cm de espesor (segundo nivel)**

| No. | Renglón                                        | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 15  | Losa plana de 12 cm de espesor (segundo nivel) | 219.36   | m²     | \$ 90.41                   | \$ 19,831.73            | Q 156,251.63            |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 336.00   | saco    | \$ 9.00         | \$ 3,024.00 | Q 23,798.88 |
| 2                          | Arena de río                                               | 19.00    | m³      | \$ 30.00        | \$ 570.00   | Q 4,485.90  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 17.00    | m³      | \$ 45.00        | \$ 765.00   | Q 6,020.55  |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo          | 881.00   | varilla | \$ 5.40         | \$ 4,757.40 | Q 37,442.50 |
| 5                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 22.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 16.50    | Q 129.80    |
| 6                          | Clavo de acero de 2 pulg                                   | 13.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 9.75     | Q 76.70     |
| 7                          | Clavo de acero de 3 pulg                                   | 9.00     | libra   | \$ 2.00         | \$ 18.00    | Q 141.66    |
| 8                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 41.00    | unidad  | \$ 3.00         | \$ 123.00   | Q 968.01    |
| 9                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 70.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 245.00   | Q 1,927.80  |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$              | 9,528.65    | Q 74,991.80 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |             |             |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Armado                              | 219.36   | m²     | \$ 9.53         | \$ 2,090.47 | Q 16,452.00 |
| i            | Formaleteado y entarimado           | 219.36   | m²     | \$ 9.53         | \$ 2,090.47 | Q 16,452.00 |
| iii          | Elaboración y fundición de concreto | 26.32    | m³     | \$ 25.41        | \$ 668.95   | Q 5,264.64  |
| iv           | Desencofrado                        | 219.36   | m      | \$ 1.02         | \$ 222.98   | Q 1,754.88  |
| Total m.o.   |                                     |          |        | \$              | 4,849.89    | Q 38,168.64 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 3        | día    | \$ 38.12        | \$ 114.36 | Q 900.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$              | 114.36    | Q 900.00 |

**Total costo directo \$ 14,492.90 Q 114,060.44**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |             |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 14,492.90  | 5%  | \$ 724.65   | Q 5,703.02  |             |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 14,492.90  | 8%  | \$ 1,102.14 | Q 8,797.99  |             |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 14,492.90  | 9%  | \$ 1,338.10 | Q 10,581.11 |             |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 14,492.90  | 15% | \$ 2,173.94 | Q 17,109.07 |             |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$          | 5,338.83    | Q 42,191.19 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 50. Fundición de canales de concreto**

| No. | Renglón                          | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 16  | Fundición de canales de concreto | 76.40    | m³     | \$ 68.60                   | \$ 5,241.36             | Q 41,293.68             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 98.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 882.00   | Q 6,941.34  |
| 2                          | Arena de río                                               | 6.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 180.00   | Q 1,416.60  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 5.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 225.00   | Q 1,770.75  |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo          | 79.00    | varilla | \$ 5.40         | \$ 426.60   | Q 3,357.50  |
| 5                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo               | 146.00   | varilla | \$ 3.35         | \$ 489.10   | Q 3,848.56  |
| 6                          | Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo               | 63.00    | varilla | \$ 1.25         | \$ 78.75    | Q 619.92    |
| 7                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 324.00   | libra   | \$ 0.75         | \$ 243.00   | Q 1,911.60  |
| 8                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 5.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 7.50     | Q 59.00     |
| 9                          | Clavo de acero de 3 pulg                                   | 5.00     | libra   | \$ 2.00         | \$ 10.00    | Q 78.70     |
| 10                         | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie | 9.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 31.50    | Q 247.86    |
| 11                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 25.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 87.50    | Q 688.50    |
| Total materiales           |                                                            |          |         |                 | \$ 2,660.95 | Q 20,940.33 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |             |            |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total      |
| i            | Armado                              | 76.40    | m²     | \$ 3.81         | \$ 291.23   | Q 2,292.00 |
| ii           | Elaboración de estribos             | 586.00   | unidad | \$ 0.25         | \$ 148.92   | Q 1,172.00 |
| iii          | Elaboración de eslabones            | 586.00   | unidad | \$ 0.25         | \$ 148.92   | Q 1,172.00 |
| iv           | Formaleteado                        | 76.40    | m      | \$ 2.54         | \$ 194.16   | Q 1,528.00 |
| v            | Elaboración y fundición de concreto | 7.64     | m³     | \$ 25.41        | \$ 194.16   | Q 1,528.00 |
| vi           | Desencofrado                        | 76.40    | m      | \$ 1.02         | \$ 77.66    | Q 611.20   |
| Total m.o.   |                                     |          |        |                 | \$ 1,055.04 | Q 8,303.20 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total    |
| i                   | Mezclado    | 3        | días   | \$ 38.12        | \$ 114.36 | Q 900.00 |
| Total m.y.e.        |             |          |        |                 | \$ 114.36 | Q 900.00 |

Total costo directo \$ 3,830.35 Q 30,143.53

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total       |             |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 3,830.35   | 5%  | \$ 191.52 | Q 1,507.18  |             |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 3,830.35   | 8%  | \$ 291.29 | Q 2,325.10  |             |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 3,830.35   | 9%  | \$ 353.65 | Q 2,796.34  |             |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 3,830.35   | 15% | \$ 574.55 | Q 4,521.53  |             |
| Total c.i.        |                                              |               |     |           | \$ 1,411.01 | Q 11,150.15 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 51. Módulo de gradas**

| No. | Renglón          | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 17  | Módulo de gradas | 1.00     | unidad | \$ 2,062.86                | \$ 2,062.86             | \$ 16,252.46            |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |            |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|------------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total      | Total      |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 45.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 405.00  | Q 3,187.35 |
| 2                          | Arena de río                                               | 4.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 120.00  | Q 944.40   |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 4.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 180.00  | Q 1,416.60 |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 5/8 pulg, G60 legítimo          | 36.00    | varilla | \$ 9.00         | \$ 324.00  | Q 2,549.88 |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo          | 5.00     | varilla | \$ 5.40         | \$ 27.00   | Q 212.50   |
| 6                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo               | 32.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 107.20  | Q 843.52   |
| 7                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 8.00     | libra   | \$ 0.75         | \$ 6.00    | Q 47.20    |
| 8                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 8.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 12.00   | Q 94.40    |
| 9                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 2.00     | unidad  | \$ 3.00         | \$ 6.00    | Q 47.22    |
| 10                         | Material selecto puesto en obra                            | 2.00     | m³      | \$ 20.00        | \$ 40.00   | Q 314.80   |
| 11                         | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie | 1.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 3.50    | Q 27.54    |
| 12                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 1.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 3.50    | Q 27.54    |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$ 1,234.20     | Q 9,712.95 |            |

| Mano de obra |                                                     |          |        |                 |            |          |
|--------------|-----------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|------------|----------|
| No.          | Descripción                                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total    |
| i            | Excavación, profundidad de 1.35m                    | 5.00     | m³     | \$ 3.18         | \$ 15.88   | Q 125.00 |
| ii           | Rellenar y compactar a mano con pizón capas de 10cm | 2.00     | m³     | \$ 3.81         | \$ 7.62    | Q 60.00  |
| iii          | Armado y fundición de escalon                       | 16.00    | unidad | \$ 6.35         | \$ 101.65  | Q 800.00 |
| iv           | Elaboración de estribos                             | 159.00   | unidad | \$ 0.25         | \$ 40.41   | Q 318.00 |
| v            | Elaboración de eslabones                            | 6.00     | unidad | \$ 3.81         | \$ 22.87   | Q 180.00 |
| vi           | Formaleteado losa                                   | 8.06     | m      | \$ 3.18         | \$ 25.60   | Q 201.50 |
| vii          | Elaboración y fundición de concreto para losa       | 0.51     | m³     | \$ 25.41        | \$ 12.96   | Q 102.03 |
| viii         | Desencofrado                                        | 8.06     | m      | \$ 1.02         | \$ 8.19    | Q 64.48  |
| Total m.o.   |                                                     |          |        | \$ 235.20       | Q 1,851.01 |          |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |          |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 1.00     | día    | \$ 38.12        | \$ 38.12 | Q 300.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$ 38.12        | Q 300.00 |          |

Total costo directo \$ 1,507.52 Q 11,863.96

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 1,507.52   | 5%  | \$ 75.38  | Q 593.20   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,507.52   | 8%  | \$ 114.64 | Q 915.12   |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,507.52   | 9%  | \$ 139.19 | Q 1,100.59 |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,507.52   | 15% | \$ 226.13 | Q 1,779.59 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 555.34 | Q 4,388.50 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 52. Levantado de bordillo de block**

| No. | Renglón                        | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|--------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 18  | Levantado de bordillo de block | 12.08    | m²     | \$ 28.12                   | \$ 339.84               | Q 2,677.78              |

| Materiales de construcción |                                                            |          |        |                 |          |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total      |
| 1                          | Block 14 cm x 19 cm x 19 cm de 35 kg/cm²                   | 158.00   | unidad | \$ 0.55         | \$ 86.90 | Q 684.14   |
| 2                          | Cemento tipo portland                                      | 3.00     | saco   | \$ 9.00         | \$ 27.00 | Q 212.49   |
| 3                          | Cal hidratada                                              | 1.00     | saco   | \$ 4.50         | \$ 4.50  | Q 35.42    |
| 4                          | Arena de río                                               | 1.00     | m²     | \$ 30.00        | \$ 30.00 | Q 236.10   |
| 5                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 6.00     | libra  | \$ 1.50         | \$ 9.00  | Q 70.80    |
| 6                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 1.00     | unidad | \$ 3.00         | \$ 3.00  | Q 23.61    |
| 7                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 1.000    | unidad | \$ 3.50         | \$ 3.50  | Q 27.54    |
| Total materiales           |                                                            |          |        | \$              | 163.90   | Q 1,290.10 |

| Mano de obra |                    |          |        |                 |          |          |
|--------------|--------------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.          | Descripción        | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i            | Mezcla de mortero  | 12.08    | m²     | \$ 6.99         | \$ 84.45 | Q 664.62 |
| ii           | Levantado de block | 158.00   | unidad | \$ 0.57         | \$ 90.34 | Q 711.00 |
| Total m.o.   |                    |          |        | \$              | 84.45    | Q 664.62 |

**Total costo directo \$ 248.35 Q 1,954.72**

| Costos indirectos |                                              |               |     |          |          |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|----------|----------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total    | Total    |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 248.35     | 5%  | \$ 12.42 | Q 97.74  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 248.35     | 8%  | \$ 18.89 | Q 150.78 |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 248.35     | 9%  | \$ 22.93 | Q 181.33 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 248.35     | 15% | \$ 37.25 | Q 293.21 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 91.49 | Q 723.06 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 53. Base de piso, centro de capacitación**

| No. | Renglón      | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|--------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 19  | Base de piso | 320.00   | m²     | \$ 27.61                   | \$ 8,834.94             | Q 69,608.39             |

**INTEGRACIÓN DE COSTO UNITARIO**

| Materiales de construcción |                                 |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|---------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                     | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland           | 91.00    | saco   | \$ 9.00         | \$ 819.00   | Q 6,445.53  |
| 2                          | Arena de río                    | 10.00    | m³     | \$ 30.00        | \$ 300.00   | Q 2,361.00  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg               | 17.00    | m³     | \$ 45.00        | \$ 765.00   | Q 6,020.55  |
| 4                          | Material selecto puesto en obra | 144.00   | m³     | \$ 20.00        | \$ 2,880.00 | Q 22,665.60 |
| Total materiales           |                                 |          |        | \$              | 4,764.00    | Q 37,492.68 |

| Mano de obra |                                                     |          |        |                 |           |             |
|--------------|-----------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|-------------|
| No.          | Descripción                                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total       |
| i            | Excavación                                          | 160.00   | m³     | \$ 3.18         | \$ 508.26 | Q 4,000.00  |
| ii           | Rellenar y compactar a mano con pizón capas de 10cm | 144.00   | m³     | \$ 3.81         | \$ 548.92 | Q 4,320.00  |
| iii          | Elaboración y fundición de concreto                 | 16.00    | m³     | \$ 25.41        | \$ 406.61 | Q 3,200.00  |
| Total m.o.   |                                                     |          |        | \$              | 1,463.79  | Q 11,520.00 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |            |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i                   | Mezcladora  | 4.00     | día    | \$ 38.12        | \$ 152.48 | Q 1,200.00 |
| ii                  | Bailarina   | 4.00     | día    | \$ 19.06        | \$ 76.24  | Q 600.00   |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$              | 228.72    | Q 1,800.00 |

**Total costo directo \$ 6,456.51 Q 50,812.68**

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |             |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 6,456.51   | 5%  | \$ 322.83 | Q 2,540.63 |             |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 6,456.51   | 8%  | \$ 491.00 | Q 3,919.41 |             |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 6,456.51   | 9%  | \$ 596.12 | Q 4,713.77 |             |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 6,456.51   | 15% | \$ 968.48 | Q 7,621.90 |             |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$        | 2,378.43   | Q 18,795.71 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 54. Pisos, centro de capacitación**

| No. | Renglón | Cantidad | Unidad | Costo unitario del | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|---------|----------|--------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| 20  | Pisos   | 409.12   | m²     | \$ 17.63           | \$ 7,213.90             | Q 56,836.75             |

| Materiales de construcción |                                        |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|----------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                            | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Piso cerámico (33 cm x 33 cm)          | 410.00   | m²     | \$ 8.00         | \$ 3,280.00 | Q 25,813.60 |
| 2                          | Mortero para pegar piso, saco de 30 kg | 5.00     | bolsa  | \$ 10.20        | \$ 51.00    | Q 401.35    |
| 3                          | Cruceta plástica (300 unidades)        | 5.00     | bolsa  | \$ 1.50         | \$ 7.50     | Q 59.00     |
| 4                          | Estuco color beige, saco de 20 kg      | 11.00    | bolsa  | \$ 10.00        | \$ 110.00   | Q 865.70    |
| Total materiales           |                                        |          |        |                 | \$ 3,448.50 | Q 27,139.65 |

| Mano de obra calificada |                     |          |        |                 |             |             |
|-------------------------|---------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                     | Descripción         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i                       | Instalación de piso | 410.00   | m²     | \$ 4.45         | \$ 1,823.38 | Q 14,350.00 |
| Total m.o.              |                     |          |        |                 | \$ 1,823.38 | Q 14,350.00 |

Total costo directo \$ 5,271.88 Q 41,489.65

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 5,271.88   | 5%  | \$ 263.59   | Q 2,074.48  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 5,271.88   | 8%  | \$ 400.91   | Q 3,200.28  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 5,271.88   | 9%  | \$ 486.74   | Q 3,848.89  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 5,271.88   | 15% | \$ 790.78   | Q 6,223.45  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 1,942.02 | Q 15,347.10 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 55. Acera de empedrado fraguado**

| No. | Renglón                     | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 21  | Acera de empedrado fraguado | 77.32    | m      | \$ 75.16                   | \$ 5,811.68             | Q 45,788.86             |

**INTEGRACIÓN DE COSTO UNITARIO**

| Materiales de construcción |                                                            |          |        |                 |              |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total        | Total      |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 79.00    | saco   | \$ 9.00         | \$ 711.00    | Q 5,595.57 |
| 2                          | Arena de río                                               | 9.00     | m³     | \$ 30.00        | \$ 270.00    | Q 2,124.90 |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 15.00    | m³     | \$ 45.00        | \$ 675.00    | Q 5,312.25 |
| 4                          | Piedra cuarta                                              | 13.00    | m³     | \$ 40.00        | \$ 520.00    | Q 4,092.40 |
| 5                          | Material selecto puesto en obra                            | 55.00    | m³     | \$ 20.00        | \$ 1,100.00  | Q 8,657.00 |
| 6                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 1.00     | unidad | \$ 3.00         | \$ 3.00      | Q 23.61    |
| 7                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 8.00     | libra  | \$ 1.50         | \$ 12.00     | Q 94.40    |
| Total materiales           |                                                            |          |        | \$ 3,291.00     | \$ 25,900.13 |            |

| Mano de obra |                                                     |          |        |                 |            |            |
|--------------|-----------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción                                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Excavación                                          | 38.66    | m³     | \$ 3.18         | \$ 122.81  | Q 966.50   |
| ii           | Rellenar y compactar a mano con pizón capas de 10cm | 38.66    | m³     | \$ 3.81         | \$ 147.37  | Q 1,159.80 |
| iii          | Formaleteado                                        | 77.32    | m      | \$ 2.54         | \$ 196.49  | Q 1,546.40 |
| iv           | Elaboración y fundición de empedrado fraguado       | 11.60    | m³     | \$ 25.41        | \$ 294.74  | Q 2,319.60 |
| v            | Elaboración y fundición de concreto                 | 2.32     | m³     | \$ 25.41        | \$ 58.95   | Q 463.92   |
| vi           | Desencofrado                                        | 77.32    | m      | \$ 1.02         | \$ 78.60   | Q 618.56   |
| Total m.o.   |                                                     |          |        | \$ 898.96       | Q 7,074.78 |            |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |          |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 1        | día    | \$ 38.12        | \$ 38.12 | Q 300.00 |
| ii                  | Bailarina   | 1        | día    | \$ 19.06        | \$ 19.06 | Q 150.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$ 57.18        | Q 450.00 |          |

**Total costo directo \$ 4,247.14 Q 33,424.91**

| Costos indirectos |                                              |             |     |             |             |  |
|-------------------|----------------------------------------------|-------------|-----|-------------|-------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo       | %   | Total       | Total       |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 4,247.14 | 5%  | \$ 212.36   | Q 1,671.25  |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 4,247.14 | 8%  | \$ 322.98   | Q 2,578.21  |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 4,247.14 | 9%  | \$ 392.13   | Q 3,100.75  |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 4,247.14 | 15% | \$ 637.07   | Q 5,013.74  |  |
| Total c.i.        |                                              |             |     | \$ 1,564.54 | Q 12,363.95 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 56. Acabado en paredes, columnas, techo y vigas (primer nivel)**

| No. | Renglón                                                               | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 22  | Acabados en paredes, columnas, techo y vigas + pintura (primer nivel) | 797.39   | m²     | \$ 21.74                   | \$ 17,331.86            | Q 136,555.65            |

| Materiales de construcción |                               |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|-------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                   | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland         | 143.00   | saco   | \$ 9.00         | \$ 1,287.00 | Q 10,128.69 |
| 2                          | Arena de río                  | 16.00    | m³     | \$ 30.00        | \$ 480.00   | Q 3,777.60  |
| 3                          | Cal hidratada                 | 221.00   | saco   | \$ 4.50         | \$ 994.50   | Q 7,827.82  |
| 4                          | Pintura látex para interiores | 16.00    | cubeta | \$ 106.73       | \$ 1,707.68 | Q 13,439.52 |
| Total materiales           |                               |          |        | \$              | 4,469.18    | Q 35,173.63 |

| Mano de obra   |                            |          |        |                 |             |             |
|----------------|----------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.            | Descripción                | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i              | Hecha de repello y cernido | 11.96    | m³     | \$ 7.62         | \$ 91.19    | Q 717.65    |
| ii             | Repello                    | 797.39   | m²     | \$ 3.81         | \$ 3,039.62 | Q 23,921.81 |
| iii            | Cernido                    | 797.39   | m²     | \$ 3.81         | \$ 3,039.62 | Q 23,921.81 |
| iv             | Pintura dos manos          | 1,594.79 | m²     | \$ 1.27         | \$ 2,026.41 | Q 15,947.88 |
| Unitario m. o. |                            |          |        | \$              | 8,196.84    | Q 64,509.16 |

Total costo directo \$ 12,666.02 Q 99,682.79

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 12,666.02  | 5%  | \$ 633.30   | Q 4,984.14  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 12,666.02  | 8%  | \$ 963.21   | Q 7,688.97  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 12,666.02  | 9%  | \$ 1,169.43 | Q 9,247.33  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 12,666.02  | 15% | \$ 1,899.90 | Q 14,952.42 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 4,665.84 | Q 36,872.86 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 57. Acabados en paredes, columnas, techo y vigas (segundo nivel)**

| No. | Renglón                                                                | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23  | Acabados en paredes, columnas, techo y vigas + pintura (segundo nivel) | 687.42   | m²     | \$ 21.79                   | \$ 14,979.77            | Q 118,023.68            |

| Materiales de construcción |                               |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|-------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                   | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland         | 123.00   | saco   | \$ 9.00         | \$ 1,107.00 | Q 8,712.09  |
| 2                          | Arena de río                  | 14.00    | m³     | \$ 30.00        | \$ 420.00   | Q 3,305.40  |
| 3                          | Cal hidratada                 | 191.00   | saco   | \$ 4.50         | \$ 859.50   | Q 6,765.22  |
| 4                          | Pintura látex para interiores | 14.00    | cupeta | \$ 106.73       | \$ 1,494.22 | Q 11,759.58 |
| Total materiales           |                               |          |        |                 | \$ 3,880.72 | Q 30,542.29 |

| Mano de obra   |                            |          |        |                 |             |             |
|----------------|----------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.            | Descripción                | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i              | Hecha de repello y cernido | 10.31    | m³     | \$ 7.62         | \$ 78.61    | Q 618.68    |
| ii             | Repello                    | 687.42   | m²     | \$ 3.81         | \$ 2,620.42 | Q 20,622.70 |
| iii            | Cernido                    | 687.42   | m²     | \$ 3.81         | \$ 2,620.42 | Q 20,622.70 |
| iv             | Pintura dos manos          | 1,374.85 | m²     | \$ 1.27         | \$ 1,746.95 | Q 13,748.47 |
| Unitario m. o. |                            |          |        |                 | \$ 7,066.40 | Q 55,612.55 |

Total costo directo \$ 10,947.12 Q 86,154.84

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |       |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|-------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       | Total |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 10,947.12  | 5%  | \$ 547.36   | Q 4,307.74  |       |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 10,947.12  | 8%  | \$ 832.49   | Q 6,645.50  |       |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 10,947.12  | 9%  | \$ 1,010.73 | Q 7,992.37  |       |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 10,947.12  | 15% | \$ 1,642.07 | Q 12,923.23 |       |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 4,032.65 | Q 31,868.84 |       |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 58. Portón metálico**

| No. | Renglón                                             | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 24  | Portón metálico de 2.65 m de alto x 3.45 m de ancho | 2.00     | unidad | \$ 1,038.16                | \$ 2,076.32             | Q 15,626.28             |

| Materiales de construcción |                                                           |          |         |                 |           |            |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                               | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Tubo sencillo cuadrado de 1 pulg, chapa 18 x 6 m de largo | 34.00    | unidad  | \$ 5.50         | \$ 187.00 | Q 1,471.52 |
| 2                          | Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo         | 1.00     | varilla | \$ 5.40         | \$ 5.40   | Q 42.50    |
| 3                          | Cerradura sobreponer con caja soldar 111                  | 2.00     | unidad  | \$ 60.00        | \$ 120.00 | Q 472.20   |
| 4                          | Epoxico SIKA N31, metal en concreto endurecido            | 1.00     | 1/4 gal | \$ 20.00        | \$ 20.00  | Q 95.00    |
| 5                          | Silicón en líquido                                        | 1.00     | tubo    | \$ 10.00        | \$ 10.00  | Q 78.70    |
| 6                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013                                | 6.00     | libra   | \$ 1.25         | \$ 7.50   | Q 59.04    |
| 7                          | Pintura anticorrosiva color galvanizado                   | 1.00     | cubeta  | \$ 170.00       | \$ 170.00 | Q 1,337.90 |
| Total materiales           |                                                           |          |         | \$              | 519.90    | Q 3,556.86 |

| Mano de obra |                  |          |        |                 |           |            |
|--------------|------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción      | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Armado y soldado | 19.25    | m²     | \$ 31.77        | \$ 611.50 | Q 4,812.50 |
| ii           | Instalar         | 19.25    | m²     | \$ 19.06        | \$ 366.90 | Q 2,887.50 |
| ii           | pintar           | 3.00     | Unidad | \$ 6.35         | \$ 19.06  | Q 150.00   |
| Total m.o.   |                  |          |        | \$              | 997.46    | Q 7,850.00 |

Total costo directo \$ 1,517.36 Q 11,406.86

| Costos indirectos |                                              |                  |     |           |            |
|-------------------|----------------------------------------------|------------------|-----|-----------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo<br>directo | %   | Total     | Total      |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 1,517.36      | 5%  | \$ 75.87  | Q 570.34   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,517.36      | 8%  | \$ 115.39 | Q 879.86   |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,517.36      | 9%  | \$ 140.10 | Q 1,058.19 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,517.36      | 15% | \$ 227.60 | Q 1,711.03 |
| Total c.i.        |                                              |                  |     | \$ 558.96 | Q 4,219.42 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 59. Suministro e instalación de puertas (primer nivel)**

| No. | Renglón                                            | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 25  | Suministro e instalación de puertas (primer nivel) | 8        | unidad | \$ 101.34                  | \$ 810.73               | Q 6,387.58              |

| Materiales de construcción |                                                 |          |        |                 |           |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                     | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Puerta color blanco 6 tablero de 90 cm x 210 cm | 8.00     | unidad | \$ 55.00        | \$ 440.00 | Q 3,462.80 |
| Total materiales           |                                                 |          |        |                 | \$ 440.00 | Q 3,462.80 |

| Mano de obra |             |          |        |                 |           |            |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Instalación | 8        | unidad | \$ 19.06        | \$ 152.48 | Q 1,200.00 |
| Total m.o.   |             |          |        |                 | \$ 152.48 | Q 1,200.00 |

Total costo directo \$ 592.48 Q 4,662.80

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 592.48     | 5%  | \$ 29.62  | Q 233.14   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 592.48     | 8%  | \$ 45.06  | Q 359.66   |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 592.48     | 9%  | \$ 54.70  | Q 432.56   |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 592.48     | 15% | \$ 88.87  | Q 699.42   |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 218.25 | Q 1,724.78 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 60. Suministro e instalación de puerta metálica (primer nivel)**

| No. | Renglón                                                                      | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 26  | Suministro e instalación de puerta metálica de 90 cm x 210 cm (primer nivel) | 1        | unidad | \$ 151.50                  | \$ 151.50               | Q 1,108.09              |

| Materiales de construcción |                                                                                              |          |         |                 |          |          |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|----------|----------|
| No.                        | Descripción                                                                                  | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total    | Total    |
| 1                          | Puerta metálica de 90 cm de ancho x 2.10 m de alto, con chapa y su respectivo marco metálico | 1.00     | unidad  | \$ 55.00        | \$ 55.00 | Q 432.85 |
| 2                          | Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo                                            | 1.00     | varilla | \$ 5.40         | \$ 5.40  | Q 42.50  |
| 3                          | Epoxico SIKa N31, metal en concreto endurecido                                               | 1.00     | 1/4 gal | \$ 20.00        | \$ 20.00 | Q 95.00  |
| 4                          | Silicón en líquido                                                                           | 1.00     | tubo    | \$ 10.00        | \$ 10.00 | Q 78.70  |
| 5                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013                                                                   | 1.00     | libra   | \$ 1.25         | \$ 1.25  | Q 9.84   |
| Total materiales           |                                                                                              |          |         | \$              | 91.65    | Q 658.89 |

| Mano de obra |             |          |        |                 |          |          |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i            | Instalación | 1        | unidad | \$ 19.06        | \$ 19.06 | Q 150.00 |
| Total m.o.   |             |          |        | \$              | 19.06    | Q 150.00 |

**Total costo directo \$ 110.71 Q 808.89**

| Costos indirectos |                                              |               |     |          |          |          |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|----------|----------|----------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total    | Total    | Total    |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 110.71     | 5%  | \$ 5.54  | Q 40.44  |          |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 110.71     | 8%  | \$ 8.42  | Q 62.39  |          |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 110.71     | 9%  | \$ 10.22 | Q 75.04  |          |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 110.71     | 15% | \$ 16.61 | Q 121.33 |          |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$       | 40.79    | Q 299.20 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 61. Suministro e instalación de puertas (segundo nivel)**

| No. | Renglón                                             | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 27  | Suministro e instalación de puertas (segundo nivel) | 7        | unidad | \$ 101.34                  | \$ 709.38               | Q 5,589.13              |

| Materiales de construcción |                                                 |          |        |                 |           |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                     | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Puerta color blanco 6 tablero de 90 cm x 210 cm | 7.00     | unidad | \$ 55.00        | \$ 385.00 | Q 3,029.95 |
| Total materiales           |                                                 |          |        |                 | \$ 385.00 | Q 3,029.95 |

| Mano de obra |             |          |        |                 |           |            |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Instalación | 7        | unidad | \$ 19.06        | \$ 133.42 | Q 1,050.00 |
| Total m.o.   |             |          |        |                 | \$ 133.42 | Q 1,050.00 |

**Total costo directo \$ 518.42 Q 4,079.95**

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 518.42     | 5%  | \$ 25.92  | Q 204.00   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 518.42     | 8%  | \$ 39.42  | Q 314.70   |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 518.42     | 9%  | \$ 47.86  | Q 378.49   |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 518.42     | 15% | \$ 77.76  | Q 611.99   |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 190.96 | Q 1,509.18 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 62. Balcón para ventana 2.00 m x 1.00 m (primer nivel)**

| No. | Renglón                                            | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 28  | Balcón para ventana 2.00 m x 1.00 m (primer nivel) | 5        | unidad | \$ 205.49                  | \$ 1,027.43             | Q 7,923.98              |

| Materiales de construcción |                                                             |          |         |                 |           |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                 | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Tubo sencillo cuadrado de 1/2 pulg, chapa 18 x 6 m de largo | 6.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 21.00  | Q 165.24   |
| 2                          | Varilla plana de 1/2 pulg x 1/8 pulg x 6 m de largo         | 2.00     | varilla | \$ 1.60         | \$ 3.20   | Q 25.18    |
| 3                          | Varilla de acero liso 1/2 pulg, G60 legítimo                | 16.00    | varilla | \$ 5.40         | \$ 86.40  | Q 680.00   |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo           | 1.00     | varilla | \$ 3.35         | \$ 3.35   | Q 26.36    |
| 5                          | Epoxico SIKA N31, metal en concreto endurecido              | 2.00     | 1/4 gal | \$ 20.00        | \$ 40.00  | Q 190.00   |
| 6                          | Silicón en líquido                                          | 2.00     | tubo    | \$ 10.00        | \$ 20.00  | Q 157.40   |
| 7                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013                                  | 4.00     | libra   | \$ 1.25         | \$ 5.00   | Q 39.36    |
| 8                          | Pintura anticorrosiva color galvanizado                     | 2.00     | cupeta  | \$ 170.00       | \$ 340.00 | Q 2,675.80 |
| Total materiales           |                                                             |          |         | \$              | 518.95    | Q 3,959.34 |

| Mano de obra |                  |          |        |                 |           |            |
|--------------|------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción      | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Armado y soldado | 5        | unidad | \$ 22.24        | \$ 111.18 | Q 875.00   |
| ii           | Instalar         | 5        | unidad | \$ 12.71        | \$ 63.53  | Q 500.00   |
| iii          | pintar balcón    | 5        | unidad | \$ 11.44        | \$ 57.18  | Q 450.00   |
| Total m.o.   |                  |          |        | \$              | 231.89    | Q 1,825.00 |

Total costo directo \$ 750.84 Q 5,784.34

| Costos indirectos |                                              |                  |     |           |       |          |
|-------------------|----------------------------------------------|------------------|-----|-----------|-------|----------|
| No.               | Descripción                                  | Costo<br>directo | %   | Total     | Total |          |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 750.84        | 5%  | \$ 37.54  | Q     | 289.22   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 750.84        | 8%  | \$ 57.10  | Q     | 446.17   |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 750.84        | 9%  | \$ 69.32  | Q     | 536.60   |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 750.84        | 15% | \$ 112.63 | Q     | 867.65   |
| Total c.i.        |                                              |                  |     | \$ 276.59 | Q     | 2,139.64 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 63. Balcón para ventana 2.00 m x 1.00 m (segundo nivel)**

| No. | Renglón                                             | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 29  | Balcón para ventana 2.00 m x 1.00 m (segundo nivel) | 9        | unidad | \$ 215.79                  | \$ 1,942.08             | Q 14,959.30             |

| Materiales de construcción |                                                             |          |         |                 |           |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                 | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Tubo sencillo cuadrado de 1/2 pulg, chapa 18 x 6 m de largo | 10.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 35.00  | Q 275.40   |
| 2                          | Varilla plana de 1/2 pulg x 1/8 pulg x 6 m de largo         | 3.00     | varilla | \$ 1.60         | \$ 4.80   | Q 37.77    |
| 3                          | Varilla de acero liso 1/2 pulg, G60 legítimo                | 29.00    | varilla | \$ 5.40         | \$ 156.60 | Q 1,232.50 |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo           | 2.00     | varilla | \$ 3.35         | \$ 6.70   | Q 52.72    |
| 5                          | Epoxico SIKA N31, metal en concreto endurecido              | 4.00     | 1/4 gal | \$ 20.00        | \$ 80.00  | Q 380.00   |
| 6                          | Silicón en líquido                                          | 3.00     | tubo    | \$ 10.00        | \$ 30.00  | Q 236.10   |
| 7                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013                                  | 7.00     | libra   | \$ 1.25         | \$ 8.75   | Q 68.88    |
| 8                          | Pintura anticorrosiva color galvanizado                     | 4.00     | cubeta  | \$ 170.00       | \$ 680.00 | Q 5,351.60 |
| Total materiales           |                                                             |          |         | \$              | 1,001.85  | Q 7,634.97 |

| Mano de obra |                  |          |        |                 |           |            |
|--------------|------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción      | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Armado y soldado | 9        | unidad | \$ 22.24        | \$ 200.13 | Q 1,575.00 |
| ii           | Instalar         | 9        | unidad | \$ 12.71        | \$ 114.36 | Q 900.00   |
| iii          | pintar balcón    | 9        | unidad | \$ 11.44        | \$ 102.92 | Q 810.00   |
| Total m.o.   |                  |          |        | \$              | 417.41    | Q 3,285.00 |

Total costo directo \$ 1,419.26 Q 10,919.97

| Costos indirectos |                                              |             |     |           |            |            |
|-------------------|----------------------------------------------|-------------|-----|-----------|------------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo       | %   | Total     | Total      |            |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 1,419.26 | 5%  | \$ 70.96  | Q 546.00   |            |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,419.26 | 8%  | \$ 107.93 | Q 842.31   |            |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,419.26 | 9%  | \$ 131.04 | Q 1,013.02 |            |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,419.26 | 15% | \$ 212.89 | Q 1,638.00 |            |
| Total c.i.        |                                              |             |     | \$        | 522.82     | Q 4,039.33 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 64. Balcón para ventana 1.00 m x 1.00 m (primer nivel)**

| No. | Renglón                                            | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 30  | Balcón para ventana 1.00 m x 1.00 m (primer nivel) | 14       | unidad | \$ 212.78                  | \$ 2,978.88             | Q 23,042.59             |

| Materiales de construcción |                                                             |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                 | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Tubo sencillo cuadrado de 1/2 pulg, chapa 18 x 6 m de largo | 10.00    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 35.00    | Q 275.40    |
| 2                          | Varilla plana de 1/2 pulg x 1/8 pulg x 6 m de largo         | 5.00     | unidad  | \$ 1.60         | \$ 8.00     | Q 62.95     |
| 3                          | Varilla de acero liso 1/2 pulg, G60 legítimo                | 23.00    | varilla | \$ 5.40         | \$ 124.20   | Q 977.50    |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo           | 2.00     | varilla | \$ 3.35         | \$ 6.70     | Q 52.72     |
| 5                          | Epoxico SIKA N31, metal en concreto endurecido              | 5.00     | 1/4 gal | \$ 20.00        | \$ 100.00   | Q 475.00    |
| 6                          | Silicón en líquido                                          | 5.00     | tubo    | \$ 10.00        | \$ 50.00    | Q 393.50    |
| 7                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013                                  | 11.00    | libra   | \$ 1.25         | \$ 13.75    | Q 108.24    |
| 8                          | Pintura anticorrosiva color galvanizado                     | 7.00     | cubeta  | \$ 170.00       | \$ 1,190.00 | Q 9,365.30  |
| Total materiales           |                                                             |          |         |                 | \$ 1,527.65 | Q 11,710.61 |

| Mano de obra |                  |          |        |                 |           |            |
|--------------|------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción      | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Armado y soldado | 14       | unidad | \$ 22.24        | \$ 311.31 | Q 2,450.00 |
| ii           | Instalar         | 14       | unidad | \$ 12.71        | \$ 177.89 | Q 1,400.00 |
| iii          | pintar           | 14       | unidad | \$ 11.44        | \$ 160.10 | Q 1,260.00 |
| Total m.o.   |                  |          |        |                 | \$ 649.30 | Q 5,110.00 |

Total costo directo \$ 2,176.95 Q 16,820.61

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 2,176.95   | 5%  | \$ 108.85 | Q 841.03   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 2,176.95   | 8%  | \$ 165.55 | Q 1,297.45 |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 2,176.95   | 9%  | \$ 200.99 | Q 1,560.41 |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 2,176.95   | 15% | \$ 326.54 | Q 2,523.09 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 801.93 | Q 6,221.98 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 65. Balcón para ventana 1.00 m x 1.00 m (segundo nivel)**

| No. | Renglón                                             | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 31  | Balcón para ventana 1.00 m x 1.00 m (segundo nivel) | 2        | unidad | \$ 224.97                  | \$ 449.93               | Q 3,459.44              |

| Materiales de construcción |                                                             |          |         |                 |           |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                 | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Tubo sencillo cuadrado de 1/2 pulg, chapa 18 x 6 m de largo | 2.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 7.00   | Q 55.08    |
| 2                          | Varilla plana de 1/2 pulg x 1/8 pulg x 6 m de largo         | 1.00     | unidad  | \$ 1.60         | \$ 1.60   | Q 12.59    |
| 3                          | Varilla de acero liso 1/2 pulg, G60 legítimo                | 4.00     | varilla | \$ 5.40         | \$ 21.60  | Q 170.00   |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo           | 1.00     | varilla | \$ 3.35         | \$ 3.35   | Q 26.36    |
| 5                          | Epoxico SIKA N31, metal en concreto endurecido              | 1.00     | 1/4 gal | \$ 20.00        | \$ 20.00  | Q 95.00    |
| 6                          | Silicón en líquido                                          | 1.00     | tubo    | \$ 10.00        | \$ 10.00  | Q 78.70    |
| 7                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013                                  | 2.00     | libra   | \$ 1.25         | \$ 2.50   | Q 19.68    |
| 8                          | Pintura anticorrosiva color galvanizado                     | 1.00     | cubeta  | \$ 170.00       | \$ 170.00 | Q 1,337.90 |
| Total materiales           |                                                             |          |         | \$              | 236.05    | Q 1,795.31 |

| Mano de obra |                  |          |        |                 |          |          |
|--------------|------------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.          | Descripción      | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i            | Armado y soldado | 2        | unidad | \$ 22.24        | \$ 44.47 | Q 350.00 |
| ii           | Instalar         | 2        | unidad | \$ 12.71        | \$ 25.41 | Q 200.00 |
| iii          | pintar           | 2        | unidad | \$ 11.44        | \$ 22.87 | Q 180.00 |
| Total m.o.   |                  |          |        | \$              | 92.76    | Q 730.00 |

Total costo directo \$ 328.81 Q 2,525.31

| Costos indirectos |                                              |               |     |          |                 |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|----------|-----------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total    | Total           |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 328.81     | 5%  | \$ 16.44 | Q 126.27        |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 328.81     | 8%  | \$ 25.00 | Q 194.79        |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 328.81     | 9%  | \$ 30.36 | Q 234.27        |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 328.81     | 15% | \$ 49.32 | Q 378.80        |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$       | 121.12 Q 934.13 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 66. Instalación de bajadas de agua pluvial**

| No. | Renglón                                | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 32  | Instalación de bajadas de agua pluvial | 58.5     | m      | \$ 41.34                   | \$ 2,418.26             | Q 19,052.96             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |          |                 |           |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad   | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Codo BAP 90° de 4 pulg                                     | 14.00    | unidad   | \$ 3.00         | \$ 42.00  | Q 330.54   |
| 2                          | Tubo BAP de 4 pulg, 80 PSI                                 | 14.00    | unidad   | \$ 12.00        | \$ 168.00 | Q 1,322.16 |
| 3                          | Cemento solvente para tubo PVC                             | 12.00    | 1/16 gal | \$ 7.00         | \$ 84.00  | Q 661.08   |
| 4                          | Abrazaderas de metal para tubo de 4 pulg                   | 10.00    | unidad   | \$ 2.50         | \$ 25.00  | Q 196.80   |
| 5                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 3.00     | unidad   | \$ 3.00         | \$ 9.00   | Q 70.83    |
| 6                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 4.000    | unidad   | \$ 3.50         | \$ 14.00  | Q 110.16   |
| 7                          | Cemento tipo portland                                      | 9.00     | saco     | \$ 9.00         | \$ 81.00  | Q 637.47   |
| 8                          | Arena de río                                               | 1.00     | m³       | \$ 30.00        | \$ 30.00  | Q 236.10   |
| 9                          | Cal hidratada                                              | 1.00     | saco     | \$ 4.50         | \$ 4.50   | Q 35.42    |
| Total materiales           |                                                            |          |          | \$              | 457.50    | Q 3,600.56 |

| Mano de obra |                             |          |        |                 |           |             |
|--------------|-----------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|-------------|
| No.          | Descripción                 | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total       |
| i            | Hecha de cernido (pañuelos) | 0.8775   | m³     | \$ 10.17        | \$ 8.92   | Q 70.20     |
| ii           | Cernido (pañuelos)          | 58.5     | m²     | \$ 12.71        | \$ 743.33 | Q 5,850.00  |
| iii          | Instalación                 | 58.5     | m      | \$ 9.53         | \$ 557.50 | Q 4,387.50  |
| Total m.o.   |                             |          |        | \$              | 1,309.75  | Q 10,307.70 |

**Total costo directo \$ 1,767.25 Q 13,908.26**

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      | Total      |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 1,767.25   | 5%  | \$ 88.36  | Q 695.41   |            |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,767.25   | 8%  | \$ 134.39 | Q 1,072.81 |            |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,767.25   | 9%  | \$ 163.17 | Q 1,290.24 |            |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,767.25   | 15% | \$ 265.09 | Q 2,086.24 |            |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$        | 651.01     | Q 5,144.70 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 67. Cuneta de drenaje de agua pluvial**

| No. | Renglón                          | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 33  | Cuneta de drenaje de agua pluvia | 75.14    | m      | \$ 9.89                    | \$ 743.05               | Q 5,854.36              |

| Materiales de construcción |                       |          |        |                 |                  |                   |
|----------------------------|-----------------------|----------|--------|-----------------|------------------|-------------------|
| No.                        | Descripción           | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total            | Total             |
| 1                          | Cemento tipo portland | 21.00    | saco   | \$ 9.00         | \$ 189.00        | Q 1,487.43        |
| 2                          | Arena de río          | 3.00     | m³     | \$ 30.00        | \$ 90.00         | Q 708.30          |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg     | 4.00     | m³     | \$ 45.00        | \$ 180.00        | Q 1,416.60        |
| <b>Total materiales</b>    |                       |          |        |                 | <b>\$ 459.00</b> | <b>Q 3,612.33</b> |

| Mano de obra      |                                     |          |        |                 |                 |                 |
|-------------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| No.               | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total           | Total           |
| i                 | Excavación                          | 12.02    | m³     | \$ 3.18         | \$ 38.19        | Q 300.56        |
| ii                | Elaboración y fundición de concreto | 1.80     | m³     | \$ 25.41        | \$ 45.83        | Q 360.67        |
| <b>Total m.o.</b> |                                     |          |        |                 | <b>\$ 84.02</b> | <b>Q 661.23</b> |

**Total costo directo      \$      543.02    Q    4,273.56**

| Costos indirectos |                                              |               |     |                  |                   |       |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|------------------|-------------------|-------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total            | Total             | Total |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 543.02     | 5%  | \$ 27.15         | Q 213.68          |       |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 543.02     | 8%  | \$ 41.29         | Q 329.64          |       |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 543.02     | 9%  | \$ 50.14         | Q 396.45          |       |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 543.02     | 15% | \$ 81.45         | Q 641.03          |       |
| <b>Total c.i.</b> |                                              |               |     | <b>\$ 200.03</b> | <b>Q 1,580.80</b> |       |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 68. Suministro e instalación tubería de agua potable**

| No. | Renglón                                          | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|--------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 34  | Suministro e instalación tubería de agua potable | 44.43    | m      | \$ 39.74                   | \$ 1,765.62             | Q 13,910.71             |

| Materiales de construcción |                                                             |          |          |                 |           |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                 | Cantidad | Unidad   | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Tubo PVC de 1/2 pulg 315 PSI                                | 8.00     | unidad   | \$ 2.00         | \$ 16.00  | Q 125.92   |
| 2                          | Llave de paso HG de 1/2 pulg                                | 1.00     | unidad   | \$ 5.50         | \$ 5.50   | Q 43.28    |
| 3                          | Union universal HG de 1/2 pulg                              | 2.00     | unidad   | \$ 5.00         | \$ 10.00  | Q 78.70    |
| 4                          | Codo PVC 90° de 1/2 pulg                                    | 20.00    | unidad   | \$ 0.60         | \$ 12.00  | Q 94.40    |
| 5                          | Tee PVC de 1/2 pulg                                         | 10.00    | unidad   | \$ 0.55         | \$ 5.50   | Q 43.30    |
| 6                          | Tapón PVC de 1/2 pulg                                       | 9.00     | unidad   | \$ 0.25         | \$ 2.25   | Q 17.73    |
| 7                          | Adaptador macho PVC 1/2 pulg                                | 18.00    | unidad   | \$ 0.20         | \$ 3.60   | Q 28.26    |
| 8                          | Tee PVC con rosca de metal de 1/2 pulg                      | 8.00     | unidad   | \$ 0.75         | \$ 6.00   | Q 47.20    |
| 9                          | Niple PVC de 1/2 pulg x 1 pie, rosca externa en ambos lados | 8.00     | unidad   | \$ 1.00         | \$ 8.00   | Q 62.96    |
| 10                         | Niple HG de 1/2 pulg x 2 pulg, rosca externa en ambos lados | 8.00     | unidad   | \$ 0.60         | \$ 4.80   | Q 37.76    |
| 11                         | Silicón en líquido                                          | 1.00     | tubo     | \$ 10.00        | \$ 10.00  | Q 78.70    |
| 12                         | Cemento solvente para tubo PVC                              | 1.00     | 1/16 gal | \$ 7.00         | \$ 7.00   | Q 55.09    |
| 13                         | Inodoro blanco con sus accesorios                           | 4.00     | unidad   | \$ 90.00        | \$ 360.00 | Q 2,833.20 |
| 14                         | Lavamanos blanco con sus accesorios                         | 4.00     | unidad   | \$ 40.00        | \$ 160.00 | Q 1,259.20 |
| 15                         | Regadera con sus accesorios                                 | 2.00     | unidad   | \$ 20.00        | \$ 40.00  | Q 314.80   |
| 16                         | Teflón de 1/2 pulg                                          | 1.00     | rollo    | \$ 0.50         | \$ 0.50   | Q 3.94     |
| 17                         | Cemento tipo portland                                       | 3.00     | saco     | \$ 9.00         | \$ 27.00  | Q 212.49   |
| 18                         | Arena de río                                                | 4.00     | m³       | \$ 30.00        | \$ 120.00 | Q 944.40   |
| 19                         | Grava de 1/2 pulg                                           | 4.00     | m³       | \$ 45.00        | \$ 180.00 | Q 1,416.60 |
| 20                         | Material selecto puesto en obra                             | 9.00     | m³       | \$ 20.00        | \$ 180.00 | Q 1,416.60 |
| Total materiales           |                                                             |          |          | \$              | 1,158.15  | Q 9,114.53 |

| Mano de obra |                                                                                |          |        |                 |          |            |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|----------|------------|
| No.          | Descripción                                                                    | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total      |
| i            | Excavación profundidad de 0.30 m dentro de la edificación y 1.20 m en la calle | 14.00    | m³     | \$ 3.18         | \$ 44.47 | Q 350.00   |
| ii           | Relleno y compactación                                                         | 14.00    | m³     | \$ 3.81         | \$ 53.37 | Q 420.00   |
| iii          | Instalación                                                                    | 45       | m      | \$ 0.76         | \$ 34.31 | Q 270.00   |
| Total m.o.   |                                                                                |          |        | \$              | 132.15   | Q 1,040.00 |

**Total costo directo \$ 1,290.30 Q 10,154.53**

Continuación de tabla 68.

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |       |          |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|-------|----------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total |          |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 1,290.30   | 5%  | \$ 64.52  | Q     | 507.73   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,290.30   | 8%  | \$ 98.12  | Q     | 783.26   |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,290.30   | 9%  | \$ 119.13 | Q     | 942.01   |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,290.30   | 15% | \$ 193.55 | Q     | 1,523.18 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 475.32 | Q     | 3,756.18 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 69. Suministro e instalación de tubería de drenaje**

| No. | Renglón                                        | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 35  | Suministro e instalación de tubería de drenaje | 33.45    | m      | \$ 13.13                   | \$ 439.25               | Q 3,460.59              |

| Materiales de construcción |                                        |          |          |                 |          |          |
|----------------------------|----------------------------------------|----------|----------|-----------------|----------|----------|
| No.                        | Descripción                            | Cantidad | Unidad   | Precio unitario | Total    | Total    |
| 1                          | Yee de drenaje de 3 pulg               | 7.00     | unidad   | \$ 2.55         | \$ 17.85 | Q 140.49 |
| 2                          | Yee de drenaje de 2 pulg               | 3.00     | unidad   | \$ 1.55         | \$ 4.65  | Q 36.60  |
| 3                          | Tubo de drenaje de 3 pulg              | 8.00     | unidad   | \$ 10.00        | \$ 80.00 | Q 629.60 |
| 4                          | Tubo de drenaje de 2 pulg              | 3.00     | unidad   | \$ 5.50         | \$ 16.50 | Q 129.84 |
| 5                          | Codo de drenaje de 45° de 3 pulg       | 6.00     | unidad   | \$ 3.50         | \$ 21.00 | Q 165.24 |
| 6                          | Codo de drenaje de 45° de 2 pulg       | 4.00     | unidad   | \$ 2.50         | \$ 10.00 | Q 78.72  |
| 7                          | Codo de drenaje de 90° de 2 pulg       | 14.00    | unidad   | \$ 1.50         | \$ 21.00 | Q 165.20 |
| 8                          | Reductor de drenaje de 3 pulg a 2 pulg | 8.00     | unidad   | \$ 1.50         | \$ 12.00 | Q 94.40  |
| 9                          | Cemento tipo portland                  | 2.00     | saco     | \$ 9.00         | \$ 18.00 | Q 141.66 |
| 10                         | Arena de río                           | 1.00     | m³       | \$ 30.00        | \$ 30.00 | Q 236.10 |
| 11                         | Grava de 1/2 pulg                      | 1.00     | m³       | \$ 45.00        | \$ 45.00 | Q 354.15 |
| 12                         | Cemento solvente para tubo PVC         | 4.00     | 1/16 gal | \$ 7.00         | \$ 28.00 | Q 220.36 |
| Total materiales           |                                        |          |          | \$ 304.00       | Q        | 2,392.36 |

| Mano de obra |                                  |          |        |                 |          |          |
|--------------|----------------------------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.          | Descripción                      | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i            | Excavación profundidad de 0.30 m | 5.35     | m³     | \$ 3.18         | \$ 17.00 | Q 133.80 |
| ii           | Relleno y compactación           | 5.35     | m³     | \$ 3.81         | \$ 20.40 | Q 160.56 |
| iii          | Instalación                      | 33.45    | m      | \$ 0.76         | \$ 25.50 | Q 200.70 |
| Total m.o.   |                                  |          |        | \$ 17.00        | Q        | 133.80   |

Total costo directo \$ 321.00 Q 2,526.16

Continuación de tabla 69.

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |          |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|----------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total    |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 321.00     | 5%  | \$ 16.05  | Q 126.31 |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 321.00     | 8%  | \$ 24.41  | Q 194.85 |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 321.00     | 9%  | \$ 29.64  | Q 234.35 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 321.00     | 15% | \$ 48.15  | Q 378.92 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 118.25 | Q 934.43 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 70. Suministro e instalación eléctrica, iluminación (primer nivel)**

| No. | Renglón                                                       | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|---------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 36  | Suministro e instalación eléctrica (iluminación primer nivel) | 1        | unidad | \$ 4,019.50                | \$ 4,019.50             | Q 25,753.42             |

| Materiales de construcción |                                                             |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                 | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Tubo PVC eléctrico de 3/4 pulg                              | 117.00   | unidad | \$ 5.00         | \$ 585.00   | Q 292.50    |
| 2                          | Cable THHN calibre 14                                       | 385.00   | m      | \$ 0.32         | \$ 123.20   | Q 970.20    |
| 3                          | Cable THHN calibre 6                                        | 90.00    | m      | \$ 1.05         | \$ 94.50    | Q 743.40    |
| 4                          | Tablero de 12 polos                                         | 1.00     | unidad | \$ 44.53        | \$ 44.53    | Q 350.00    |
| 5                          | Caja octogonal de metal                                     | 33.00    | unidad | \$ 1.25         | \$ 41.25    | Q 324.72    |
| 6                          | Flip-on de 15 amperios de un polo                           | 2.00     | unidad | \$ 4.45         | \$ 8.90     | Q 64.00     |
| 7                          | Flip-on de 60 amperios de dos polos                         | 1.00     | unidad | \$ 12.47        | \$ 12.47    | Q 98.00     |
| 8                          | Lámpara contra humedad y polvo para 2 tubos led de 48" 90 V | 33.00    | unidad | \$ 47.50        | \$ 1,567.50 | Q 12,336.06 |
| 9                          | Alambre galvanizado calibre 12                              | 4.00     | libra  | \$ 0.90         | \$ 3.60     | Q 28.32     |
| 10                         | Caja rectangular de metal                                   | 10.00    | unidad | \$ 0.60         | \$ 6.00     | Q 47.20     |
| 11                         | Codo eléctrico PVC de 3/4 pulg                              | 38.00    | unidad | \$ 1.50         | \$ 57.00    | Q 448.40    |
| 12                         | Cinta aislante                                              | 3.00     | rollo  | \$ 1.50         | \$ 4.50     | Q 35.43     |
| 13                         | Interruptor simple con placa y dado                         | 8.00     | unidad | \$ 1.50         | \$ 12.00    | Q 94.40     |
| 14                         | Interruptor doble con placa y dados                         | 2.00     | unidad | \$ 3.50         | \$ 7.00     | Q 55.08     |
| Total materiales           |                                                             |          |        | \$ 2,567.45     | Q 15,887.71 |             |

| Mano de obra        |             |          |        |                 |             |            |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-------------|------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total      |
| i                   | Instalación | 116.47   | m      | \$ 3.18         | \$ 369.98   | Q 2,911.75 |
| Total m.o.          |             |          |        | \$ 369.98       | Q 2,911.75  |            |
| Total costo directo |             |          |        | \$ 2,937.43     | Q 18,799.46 |            |

Continuación de tabla 70.

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total      |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 2,937.43   | 5%  | \$ 146.87   | Q 939.97   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 2,937.43   | 8%  | \$ 223.38   | Q 1,450.09 |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 2,937.43   | 9%  | \$ 271.21   | Q 1,743.98 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 2,937.43   | 15% | \$ 440.61   | Q 2,819.92 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 1,082.07 | Q 6,953.96 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 71. Suministro e instalación eléctrica, iluminación (segundo nivel)**

| No. | Renglón                                                        | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 37  | Suministro e instalación eléctrica (iluminación segundo nivel) | 1        | unidad | \$ 3,378.95                | \$ 3,378.95             | Q 20,552.35             |

| Materiales de construcción |                                                             |          |        |                 |             |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|------------|
| No.                        | Descripción                                                 | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total      |
| 1                          | Tubo PVC eléctrico de 3/4 pulg                              | 120.00   | unidad | \$ 5.00         | \$ 600.00   | Q 300.00   |
| 3                          | Cable THHN calibre 14                                       | 395.00   | m      | \$ 0.32         | \$ 126.40   | Q 995.40   |
| 4                          | Tablero de 10 polos                                         | 1.00     | unidad | \$ 38.12        | \$ 38.12    | Q 300.00   |
| 5                          | Caja octogonal de metal                                     | 27.00    | unidad | \$ 1.25         | \$ 33.75    | Q 265.68   |
| 6                          | Flip-on de 15 amperios de un polo                           | 3.00     | unidad | \$ 4.45         | \$ 13.35    | Q 96.00    |
| 7                          | Lámpara contra humedad y polvo para 2 tubos led de 48" 90 V | 25.00    | unidad | \$ 47.50        | \$ 1,187.50 | Q 9,345.50 |
| 8                          | Reflector de 12 W y 120 V                                   | 2.00     | unidad | \$ 7.14         | \$ 14.28    | Q 112.40   |
| 9                          | Alambre galvanizado calibre 12                              | 4.00     | libra  | \$ 0.90         | \$ 3.60     | Q 28.32    |
| 10                         | Caja rectangular de metal                                   | 10.00    | unidad | \$ 0.60         | \$ 6.00     | Q 47.20    |
| 11                         | Codo eléctrico PVC de 3/4 pulg                              | 29.00    | unidad | \$ 1.50         | \$ 43.50    | Q 342.20   |
| 12                         | Cinta aislante                                              | 3.00     | rollo  | \$ 1.50         | \$ 4.50     | Q 35.43    |
| 13                         | Interruptor simple con placa y dado                         | 8.00     | unidad | \$ 1.50         | \$ 12.00    | Q 94.40    |
| 14                         | Interruptor doble con placa y dados                         | 2.00     | unidad | \$ 3.50         | \$ 7.00     | Q 55.08    |
| Total materiales           |                                                             |          |        | \$ 2,090.00     | Q 12,017.61 |            |

| Mano de obra |             |          |        |                 |            |            |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Instalación | 119.41   | m      | \$ 3.18         | \$ 379.31  | Q 2,985.18 |
| Total m.o.   |             |          |        | \$ 379.31       | Q 2,985.18 |            |

Total costo directo \$ 2,469.31 Q 15,002.79

Continuación de tabla 71.

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 2,469.31   | 5%  | \$ 123.47 | Q 750.14   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 2,469.31   | 8%  | \$ 187.78 | Q 1,157.23 |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 2,469.31   | 9%  | \$ 227.99 | Q 1,391.77 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 2,469.31   | 15% | \$ 370.40 | Q 2,250.42 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 909.64 | Q 5,549.56 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 72. Suministro e instalación eléctrica, fuerza (primer nivel)**

| No.              | Renglón                                                         | Cantidad | Unidad                      | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|------------------|-----------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>58</b>        | <b>Suministro e instalación eléctrica (fuerza primer nivel)</b> | <b>1</b> | <b>Costo unidad directo</b> | <b>\$ 1,836.98</b>         | <b>\$ 1,836.98</b>      | <b>Q 7,847.43</b>       |
| I                | Imprevistos                                                     |          | \$ 1,342.45                 | 5%                         | \$ 67.12                | Q 279.12                |
| ii               | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo)                    |          | \$ 1,342.45                 | 8%                         | \$ 102.09               | Q 430.60                |
| iii              | Costos administrativos                                          |          | \$ 1,342.45                 | 9%                         | \$ 123.95               | Q 517.87                |
| iv               | Utilidades                                                      |          | \$ 1,342.45                 | 15%                        | \$ 201.37               | Q 837.37                |
| 1                | Tubo PVC eléctrico de 3/4 pulg                                  | 122.00   | unidad                      | \$ 5.00                    | \$ 610.00               | Q 305.00                |
| 2                | Cable THHN calibre 14                                           | 135.00   | m                           | \$ 0.32                    | \$ 43.20                | Q 2,064.96              |
| 3                | Cable THHN calibre 10                                           | 269.00   | m                           | \$ 0.45                    | \$ 121.05               | Q 952.26                |
| 4                | Alambre galvanizado calibre 12                                  | 4.00     | libra                       | \$ 0.90                    | \$ 3.60                 | Q 28.32                 |
| 6                | Flip-on de 15 amperios de un polo                               | 2.00     | unidad                      | \$ 4.45                    | \$ 8.90                 | Q 64.00                 |
| 7                | Flip-on de 30 amperios de un polo                               | 1.00     | unidad                      | \$ 4.42                    | \$ 4.42                 | Q 34.00                 |
| 9                | Flip-on de 10 amperios de dos polos                             | 3.00     | unidad                      | \$ 25.00                   | \$ 75.00                | Q 111.00                |
| 10               | Tomacorriente doble con placa de 120                            | 15.00    | unidad                      | \$ 1.91                    | \$ 28.65                | Q 225.00                |
| 11               | Tomacorriente doble con placa de 240                            | 3.00     | unidad                      | \$ 4.45                    | \$ 13.35                | Q 105.00                |
| 12               | Caja rectangular de metal                                       | 18.00    | unidad                      | \$ 0.60                    | \$ 10.80                | Q 84.96                 |
| 13               | Codo eléctrico PVC de 3/4 pulg                                  | 21.00    | unidad                      | \$ 1.50                    | \$ 31.50                | Q 247.80                |
| 14               | Cinta aislante                                                  | 3.00     | rollo                       | \$ 1.50                    | \$ 4.50                 | Q 35.43                 |
| Total materiales |                                                                 |          |                             | \$ 954.97                  | Q 2,532.97              |                         |

| Mano de obra |             |          |        |                 |            |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|------------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      |
| i            | Instalación | 121.98   | m      | \$ 3.18         | \$ 387.48  |
| Total m.o.   |             |          |        | \$ 387.48       | Q 3,049.50 |

Total costo directo \$ 1,342.45 Q 5,582.47

Continuación de tabla 72.

Fuente: elaboración propia

**Tabla 73. Suministro e instalación eléctrica, fuerza (segundo nivel)**

| No. | Renglón                                                   | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 39  | Suministro e instalación eléctrica (fuerza segundo nivel) | 1        | unidad | \$ 943.96                  | \$ 943.96               | Q 4,096.43              |

| Materiales de construcción |                                        |          |        |                 |            |          |
|----------------------------|----------------------------------------|----------|--------|-----------------|------------|----------|
| No.                        | Descripción                            | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total    |
| 1                          | Tubo PVC eléctrico de 3/4 pulg         | 66.00    | unidad | \$ 5.00         | \$ 330.00  | Q 165.00 |
| 2                          | Cable THHN calibre 10                  | 132.00   | m      | \$ 0.45         | \$ 59.40   | Q 467.28 |
| 3                          | Cable THHN calibre 14                  | 66.00    | m      | \$ 0.32         | \$ 21.12   | Q 166.32 |
| 4                          | Alambre galvanizado calibre 12         | 2.00     | libra  | \$ 0.90         | \$ 1.80    | Q 14.16  |
| 5                          | Flip-on de 15 amperios de un polo      | 2.00     | unidad | \$ 4.45         | \$ 8.90    | Q 64.00  |
| 6                          | Tomacorriente doble con placa de 120 V | 13.00    | unidad | \$ 1.91         | \$ 24.83   | Q 195.00 |
| 7                          | Caja rectangular de metal              | 13.00    | unidad | \$ 0.60         | \$ 7.80    | Q 61.36  |
| 8                          | Codo eléctrico PVC de 3/4 pulg         | 15.00    | unidad | \$ 1.50         | \$ 22.50   | Q 177.00 |
| 9                          | Cinta aislante                         | 3.00     | rollo  | \$ 1.50         | \$ 4.50    | Q 35.43  |
| Total materiales           |                                        |          |        | \$ 480.85       | Q 1,345.55 |          |

| Mano de obra |             |          |        |                 |            |            |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Instalación | 65.79    | m      | \$ 3.18         | \$ 208.99  | Q 1,644.75 |
| Total m.o.   |             |          |        | \$ 208.99       | Q 1,644.75 |            |

Total costo directo \$ 689.84 Q 2,990.30

Continuación de tabla 73.

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 689.84     | 5%  | \$ 34.49  | Q 149.52   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 689.84     | 8%  | \$ 52.46  | Q 230.66   |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 689.84     | 9%  | \$ 63.69  | Q 277.40   |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 689.84     | 15% | \$ 103.48 | Q 448.55   |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 254.12 | Q 1,106.13 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 74. Limpieza final, centro de capacitación**

| No. | Renglón        | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 40  | Limpieza final | 385.03   | m²     | \$ 4.35                    | \$ 1,673.64             | Q 13,186.34             |

| Materiales de construcción |             |          |        |                 |       |       |
|----------------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-------|-------|
| No.                        | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total | Total |
|                            |             |          |        |                 | \$ -  | Q -   |
| Total materiales           |             |          |        |                 | \$ -  | Q -   |

| Mano de obra |                           |          |        |                 |             |            |
|--------------|---------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|------------|
| No.          | Descripción               | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total      |
| i            | Limpiza y retiro de ripio | 385.03   | m²     | \$ 3.18         | \$ 1,223.09 | Q 9,625.75 |
| Total m.o.   |                           |          |        |                 | \$ 1,223.09 | Q 9,625.75 |

Total costo directo      \$    1,223.09    Q    9,625.75

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |       |          |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|-------|----------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total |          |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 1,223.09   | 5%  | \$ 61.15  | Q     | 481.29   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,223.09   | 8%  | \$ 93.01  | Q     | 742.48   |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,223.09   | 9%  | \$ 112.93 | Q     | 892.96   |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,223.09   | 15% | \$ 183.46 | Q     | 1,443.86 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 450.55 | Q     | 3,560.59 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 75. Resumen de materiales, centro de capacitación**

| Material                                                                     | Cantidad | unidad         | Precio unitario | Total        | Total        |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|--------------|--------------|
| Adaptador macho PVC 1/2 pulg                                                 | 18.00    | unidad         | \$ 0.20         | \$ 3.60      | Q 196.80     |
| Abrazaderas de metal para tubo de 4 pulg                                     | 10.00    | unidad         | \$ 2.50         | \$ 25.00     | Q 28.26      |
| Alambre de amarre calibre 16                                                 | 1147.00  | libra          | \$ 0.75         | \$ 860.25    | Q 6,767.30   |
| Alambre galvanizado calibre 12                                               | 14.00    | libra          | \$ 0.90         | \$ 12.60     | Q 99.12      |
| Arena de río                                                                 | 237.00   | m <sup>3</sup> | \$ 30.00        | \$ 7,110.00  | Q 55,955.70  |
| Block 14 cm x 19 cm x 19 cm de 35 kg/cm <sup>2</sup>                         | 4890.00  | unidad         | \$ 0.55         | \$ 2,689.50  | Q 21,173.70  |
| Block tipo solera (block "U") 14 cm x 19 cm x 39 cm de 35 kg/cm <sup>2</sup> | 1041.00  | unidad         | \$ 0.65         | \$ 676.65    | Q 5,329.92   |
| Cable THHN calibre 10                                                        | 401.00   | m              | \$ 0.45         | \$ 180.45    | Q 1,419.54   |
| Cable THHN calibre 14                                                        | 981.00   | m              | \$ 0.32         | \$ 313.92    | Q 2,472.12   |
| Cable THHN calibre 6                                                         | 90.00    | m              | \$ 1.05         | \$ 94.50     | Q 743.40     |
| Caja octogonal de metal                                                      | 60.00    | unidad         | \$ 1.25         | \$ 75.00     | Q 590.40     |
| Caja rectangular de metal                                                    | 51.00    | unidad         | \$ 0.60         | \$ 30.60     | Q 240.72     |
| Cal hidratada                                                                | 441.00   | saco           | \$ 4.50         | \$ 1,984.50  | Q 15,620.22  |
| Cemento solvente para tubo PVC                                               | 17.00    | 1/16 gal       | \$ 7.00         | \$ 119.00    | Q 936.53     |
| Cemento tipo portland                                                        | 3458.00  | saco           | \$ 9.00         | \$ 31,122.00 | Q 244,930.14 |
| Cerradura sobreponer con caja soldar 111                                     | 2.00     | unidad         | \$ 60.00        | \$ 120.00    | Q 472.20     |
| Cinta aislante                                                               | 12.00    | rollo          | \$ 1.50         | \$ 18.00     | Q 141.72     |
| Clavo de acero de 2 pulg                                                     | 34.00    | libra          | \$ 0.75         | \$ 25.50     | Q 200.60     |
| Clavo de acero de 2.1/2 pulg                                                 | 109.00   | libra          | \$ 1.50         | \$ 163.50    | Q 1,286.20   |
| Clavo de acero de 3 pulg                                                     | 24.00    | libra          | \$ 2.00         | \$ 48.00     | Q 377.76     |
| Codo BAP 90° de 4 pulg                                                       | 14.00    | unidad         | \$ 3.00         | \$ 42.00     | Q 330.54     |
| Codo de drenaje de 45° de 2 pulg                                             | 4.00     | unidad         | \$ 2.50         | \$ 10.00     | Q 78.72      |
| Codo de drenaje de 45° de 3 pulg                                             | 6.00     | unidad         | \$ 3.50         | \$ 21.00     | Q 165.24     |
| Codo de drenaje de 90° de 2 pulg                                             | 14.00    | unidad         | \$ 1.50         | \$ 21.00     | Q 165.20     |
| Codo eléctrico PVC de 3/4 pulg                                               | 103.00   | unidad         | \$ 1.50         | \$ 154.50    | Q 1,215.40   |
| Codo PVC 90° de 1/2 pulg                                                     | 20.00    | unidad         | \$ 0.60         | \$ 12.00     | Q 94.40      |
| Cruceta plástica (300 unidades)                                              | 5.00     | bolsa          | \$ 1.50         | \$ 7.50      | Q 59.00      |
| Electrodo de 1/8 pulg 6013                                                   | 31.00    | libra          | \$ 1.25         | \$ 38.75     | Q 305.04     |
| Epoxico SIKA N31, metal en concreto endurecido                               | 14.00    | 1/4 gal        | \$ 20.00        | \$ 280.00    | Q 1,330.00   |
| Estuco color beige, saco de 20 kg                                            | 11.00    | bolsa          | \$ 10.00        | \$ 110.00    | Q 865.70     |
| Flip-on de 10 amperios de dos polos                                          | 3.00     | unidad         | \$ 25.00        | \$ 75.00     | Q 111.00     |
| Flip-on de 15 amperios de un polo                                            | 9.00     | unidad         | \$ 4.45         | \$ 40.05     | Q 288.00     |
| Flip-on de 30 amperios de un polo                                            | 1.00     | unidad         | \$ 4.42         | \$ 4.42      | Q 34.00      |

Continuación de tabla 75.

|                                                                                              |        |                |           |             |             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------|-----------|-------------|-------------|
| Flip-on de 60 amperios de dos polos                                                          | 1.00   | unidad         | \$ 12.47  | \$ 12.47    | Q 98.00     |
| Grava de 1/2 pulg                                                                            | 197.00 | m <sup>3</sup> | \$ 45.00  | \$ 8,865.00 | Q 69,767.55 |
| Hilo de nylon carrete de 100 m                                                               | 2.00   | rollo          | \$ 1.50   | \$ 3.00     | Q 23.60     |
| Inodoro blanco con sus accesorios                                                            | 4.00   | unidad         | \$ 90.00  | \$ 360.00   | Q 2,833.20  |
| Interruptor doble con placa y dados                                                          | 4.00   | unidad         | \$ 3.50   | \$ 14.00    | Q 110.16    |
| Interruptor simple con placa y dado                                                          | 16.00  | unidad         | \$ 1.50   | \$ 24.00    | Q 188.80    |
| Lámpara contra humedad y polvo para 2 tubos led de                                           | 58.00  | unidad         | \$ 47.50  | \$ 2,755.00 | Q 21,681.56 |
| Lavamanos blanco con sus accesorios                                                          | 4.00   | unidad         | \$ 40.00  | \$ 160.00   | Q 1,259.20  |
| Llave de paso HG de 1/2 pulg                                                                 | 1.00   | unidad         | \$ 5.50   | \$ 5.50     | Q 43.28     |
| Material selecto puesto en obra                                                              | 210.00 | m <sup>3</sup> | \$ 20.00  | \$ 4,200.00 | Q 33,054.00 |
| Mortero para pegar piso, saco de 30 kg                                                       | 5.00   | bolsa          | \$ 10.20  | \$ 51.00    | Q 401.35    |
| Niple HG de 1/2 pulg x 2 pulg, rosca externa en ambos lados                                  | 8.00   | unidad         | \$ 0.60   | \$ 4.80     | Q 37.76     |
| Niple PVC de 1/2 pulg x 1 pie, rosca externa en ambos lados                                  | 8.00   | unidad         | \$ 1.00   | \$ 8.00     | Q 62.96     |
| Piedra cuarta                                                                                | 13.00  | m <sup>3</sup> | \$ 40.00  | \$ 520.00   | Q 4,092.40  |
| Pintura anticorrosiva color galvanizado                                                      | 15.00  | cubeta         | \$ 170.00 | \$ 2,550.00 | Q 20,068.50 |
| Pintura látex para interiores                                                                | 30.00  | cubeta         | \$ 106.73 | \$ 3,201.90 | Q 25,199.10 |
| Piso cerámico (33 cm x 33 cm)                                                                | 410.00 | m <sup>2</sup> | \$ 8.00   | \$ 3,280.00 | Q 25,813.60 |
| Plancha de poliestireno expandido de 1 pulg x 20 cm x 1 m                                    | 411.00 | unidad         | \$ 9.00   | \$ 3,699.00 | Q 29,111.13 |
| Puerta color blanco 6 tablero de 90 cm x 210 cm                                              | 15.00  | unidad         | \$ 55.00  | \$ 825.00   | Q 6,492.75  |
| Puerta metálica de 90 cm de ancho x 2.10 m de alto, con chapa y su respectivo marco metálico | 1.00   | unidad         | \$ 55.00  | \$ 55.00    | Q 432.85    |
| Reductor de drenaje de 3 pulg a 2 pulg                                                       | 8.00   | unidad         | \$ 1.50   | \$ 12.00    | Q 94.40     |
| Reflector de 12 W y 120 V                                                                    | 2.00   | unidad         | \$ 7.14   | \$ 14.28    | Q 112.40    |
| Regadera con sus accesorios                                                                  | 2.00   | unidad         | \$ 20.00  | \$ 40.00    | Q 314.80    |
| Regla de madera de 3 pulg x 2 pulg x 10 pie                                                  | 13.00  | unidad         | \$ 3.00   | \$ 39.00    | Q 306.93    |
| Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                                                  | 337.00 | unidad         | \$ 3.50   | \$ 1,179.50 | Q 9,280.98  |
| Silicón en líquido                                                                           | 14.00  | tubo           | \$ 10.00  | \$ 140.00   | Q 1,101.80  |
| Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie                                   | 154.00 | unidad         | \$ 3.00   | \$ 462.00   | Q 3,635.94  |
| Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie                                   | 56.00  | unidad         | \$ 3.50   | \$ 196.00   | Q 1,542.24  |
| Tablero de 10 polos                                                                          | 1.00   | unidad         | \$ 38.12  | \$ 38.12    | Q 300.00    |
| Tablero de 12 polos                                                                          | 1.00   | unidad         | \$ 44.53  | \$ 44.53    | Q 350.00    |
| Tapón PVC de 1/2 pulg                                                                        | 9.00   | unidad         | \$ 0.25   | \$ 2.25     | Q 17.73     |
| Tee PVC con rosca de metal de 1/2 pulg                                                       | 8.00   | unidad         | \$ 0.75   | \$ 6.00     | Q 47.20     |
| Tee PVC de 1/2 pulg                                                                          | 10.00  | unidad         | \$ 0.55   | \$ 5.50     | Q 43.30     |
| Teflón de 1/2 pulg                                                                           | 1.00   | rollo          | \$ 0.50   | \$ 0.50     | Q 3.94      |
| Tomacorriente doble con placa de 120 V                                                       | 28.00  | unidad         | \$ 1.91   | \$ 53.48    | Q 420.00    |
| Tomacorriente doble con placa de 240 V                                                       | 3.00   | unidad         | \$ 4.45   | \$ 13.35    | Q 105.00    |
| Tubo BAP de 4 pulg, 80 PSI                                                                   | 14.00  | unidad         | \$ 12.00  | \$ 168.00   | Q 1,322.16  |
| Tubo de drenaje de 2 pulg                                                                    | 3.00   | unidad         | \$ 5.50   | \$ 16.50    | Q 129.84    |
| Tubo de drenaje de 3 pulg                                                                    | 8.00   | unidad         | \$ 10.00  | \$ 80.00    | Q 629.60    |

Continuación de tabla 75.

|                                                             |         |         |          |                      |                     |
|-------------------------------------------------------------|---------|---------|----------|----------------------|---------------------|
| Tubo PVC de 1/2 pulg 315 PSI                                | 8.00    | unidad  | \$ 2.00  | \$ 16.00             | Q 125.92            |
| Tubo PVC eléctrico de 3/4 pulg                              | 425.00  | unidad  | \$ 5.00  | \$ 2,125.00          | Q 1,062.50          |
| Tubo sencillo cuadrado de 1/2 pulg, chapa 18 x 6 m de largo | 28.00   | unidad  | \$ 3.50  | \$ 98.00             | Q 771.12            |
| Tubo sencillo cuadrado de 1 pulg, chapa 18 x 6 m de         | 34.00   | unidad  | \$ 5.50  | \$ 187.00            | Q 1,471.52          |
| Union universal HG de 1/2 pulg                              | 2.00    | unidad  | \$ 5.00  | \$ 10.00             | Q 78.70             |
| Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo           | 2112.00 | varilla | \$ 5.40  | \$ 11,404.80         | Q 89,760.00         |
| Varilla de acero corrugada 1 pulg, G60 legítimo             | 246.00  | varilla | \$ 22.00 | \$ 5,412.00          | Q 42,592.44         |
| Varilla de acero corrugada 3/4 pulg, G60 legítimo           | 56.00   | varilla | \$ 13.00 | \$ 728.00            | Q 5,729.36          |
| Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo           | 1024.00 | varilla | \$ 3.35  | \$ 3,430.40          | Q 26,992.64         |
| Varilla de acero corrugada 5/4 pulg, G60 legítimo           | 190.00  | varilla | \$ 35.00 | \$ 6,650.00          | Q 52,335.50         |
| Varilla de acero corrugada 5/8 pulg, G60 legítimo           | 165.00  | varilla | \$ 9.00  | \$ 1,485.00          | Q 11,686.95         |
| Varilla de acero liso 1/2 pulg, G60 legítimo                | 72.00   | varilla | \$ 5.40  | \$ 388.80            | Q 3,060.00          |
| Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo                | 611.00  | varilla | \$ 1.25  | \$ 763.75            | Q 6,012.24          |
| Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo                | 1695.00 | varilla | \$ 3.35  | \$ 5,678.25          | Q 44,680.20         |
| Varilla plana de 1/2 pulg x 1/8 pulg x 6 m de largo         | 11.00   | varilla | \$ 1.60  | \$ 17.60             | Q 138.49            |
| Yee de drenaje de 2 pulg                                    | 3.00    | unidad  | \$ 1.55  | \$ 4.65              | Q 36.60             |
| Yee de drenaje de 3 pulg                                    | 7.00    | unidad  | \$ 2.55  | \$ 17.85             | Q 140.49            |
| <b>Total =</b>                                              |         |         |          | <b>\$ 118,010.57</b> | <b>Q 911,229.27</b> |

Fuente: elaboración propia

### 2.11.3. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución, muestra el avance físico de la obra, en el que se realizarán los desembolsos de acuerdo a cada renglón de trabajo para el proyecto, el periodo estipulado para el diseño del centro de capacitación es de 5 meses.

**Tabla 76. Cronograma de ejecución físico y financiero, centro de capacitación**

| No. | REGLÓN                                                                       | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO POR REGLÓN | % POR ACTIVIDAD | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 | MES 7 | % AVANCE |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------|------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1   | Trabajos preliminares                                                        | 385.03   | m²     | \$ 4.53        | \$ 1,742.86      | 0.68%           |       |       |       |       |       |       |       | 0.68%    |
| 2   | Zapata de cimentación                                                        | 36       | unidad | \$ 432.56      | \$ 15,572.31     | 6.11%           |       |       |       |       |       |       |       | 6.79%    |
| 3   | Columna C-1 (primer nivel)                                                   | 180      | m      | \$ 132.07      | \$ 23,773.44     | 9.33%           |       |       |       |       |       |       |       | 16.12%   |
| 4   | Columna C-2 (segundo nivel)                                                  | 96       | m      | \$ 131.91      | \$ 12,663.78     | 4.97%           |       |       |       |       |       |       |       | 21.09%   |
| 5   | Vigas T-1 (primer nivel)                                                     | 374.98   | m      | \$ 51.20       | \$ 19,199.43     | 7.53%           |       |       |       |       |       |       |       | 28.62%   |
| 6   | Vigas T-2 (segundo nivel)                                                    | 163.05   | m      | \$ 79.27       | \$ 12,924.65     | 5.07%           |       |       |       |       |       |       |       | 33.69%   |
| 7   | Solera de humedad                                                            | 121.02   | m      | \$ 26.61       | \$ 3,220.07      | 1.26%           |       |       |       |       |       |       |       | 34.95%   |
| 8   | Solera intermedia tipo U (primer nivel)                                      | 242.04   | m      | \$ 22.83       | \$ 5,526.63      | 2.17%           |       |       |       |       |       |       |       | 37.12%   |
| 9   | Columna C-3 (primer nivel)                                                   | 81       | m      | \$ 32.94       | \$ 2,667.89      | 1.05%           |       |       |       |       |       |       |       | 38.16%   |
| 10  | Solera intermedia tipo U (segundo nivel)                                     | 174      | m      | \$ 23.51       | \$ 4,090.93      | 1.60%           |       |       |       |       |       |       |       | 39.77%   |
| 11  | Columna C-3 (segundo nivel)                                                  | 250.04   | m      | \$ 31.88       | \$ 7,970.14      | 3.13%           |       |       |       |       |       |       |       | 42.90%   |
| 12  | Levantado de block (primer nivel)                                            | 250.154  | m²     | \$ 35.80       | \$ 8,955.16      | 3.51%           |       |       |       |       |       |       |       | 46.41%   |
| 13  | Levantado de block (segundo nivel)                                           | 113.694  | m²     | \$ 42.47       | \$ 4,829.01      | 1.89%           |       |       |       |       |       |       |       | 48.30%   |
| 14  | Losa plana de 12 cm de espesor (primer nivel)                                | 253.15   | m²     | \$ 89.98       | \$ 22,778.96     | 8.94%           |       |       |       |       |       |       |       | 57.24%   |
| 15  | Losa plana de 12 cm de espesor (segundo nivel)                               | 219.36   | m²     | \$ 90.41       | \$ 19,831.73     | 7.78%           |       |       |       |       |       |       |       | 65.02%   |
| 16  | Fundición de canales de concreto                                             | 76.4     | m³     | \$ 68.60       | \$ 5,241.36      | 2.06%           |       |       |       |       |       |       |       | 67.07%   |
| 17  | Módulo de gradas                                                             | 1        | unidad | \$2,062.86     | \$ 2,062.86      | 0.81%           |       |       |       |       |       |       |       | 67.88%   |
| 18  | Levantado de bordillo de block                                               | 12.084   | m²     | \$ 28.12       | \$ 339.84        | 0.13%           |       |       |       |       |       |       |       | 68.02%   |
| 19  | Base de piso                                                                 | 320      | m²     | \$ 27.61       | \$ 8,834.94      | 3.47%           |       |       |       |       |       |       |       | 71.48%   |
| 20  | Pisos                                                                        | 409.12   | m²     | \$ 17.63       | \$ 7,213.90      | 2.83%           |       |       |       |       |       |       |       | 74.31%   |
| 21  | Acera de empedrado fraguado                                                  | 77.32    | m      | \$ 75.16       | \$ 5,811.68      | 2.28%           |       |       |       |       |       |       |       | 76.59%   |
| 22  | Acabados en paredes, columnas, techo y vigas + pintura (primer nivel)        | 797.394  | m²     | \$ 21.74       | \$ 17,331.86     | 6.80%           |       |       |       |       |       |       |       | 83.39%   |
| 23  | Acabados en paredes, columnas, techo y vigas + pintura (segundo nivel)       | 687.423  | m²     | \$ 21.79       | \$ 14,979.77     | 5.88%           |       |       |       |       |       |       |       | 89.27%   |
| 24  | Portón metálico de 2.65 m de alto x 3.45 m de ancho                          | 2        | unidad | \$1,038.16     | \$ 2,076.32      | 0.81%           |       |       |       |       |       |       |       | 90.08%   |
| 25  | Suministro e instalación de puertas (primer nivel)                           | 8        | unidad | \$ 101.34      | \$ 810.73        | 0.32%           |       |       |       |       |       |       |       | 90.40%   |
| 26  | Suministro e instalación de puerta metálica de 90 cm x 210 cm (primer nivel) | 1        | unidad | \$ 151.50      | \$ 151.50        | 0.06%           |       |       |       |       |       |       |       | 90.46%   |

## Continuación de tabla 76.

[illegible]

Fuente: elaboración propia.

## **2.12. Planos**

Los planos constructivos, proyecto centro de capacitación, se encuentran en el apéndice. A continuación, se presenta el listado de los mismos.

1. Plano de localización
2. Plano de ubicación
3. Plano de planta de puntos y curvas de nivel
4. Plano de ubicación de instalaciones
5. Plano de planta acotada primer nivel
6. Plano de planta acotada segundo nivel
7. Plano de elevaciones y sección de muro
8. Plano de planta de columnas y zapatas primer nivel
9. Plano de planta de columnas segundo nivel
10. Plano de detalle de armado de losa
11. Plano de detalles estructurales
12. Plano de planta instalación de agua potable
13. Plano de planta de instalación de drenaje
14. Plano de planta instalación eléctrica iluminación primer nivel
15. Plano de planta instalación eléctrica iluminación segundo nivel
16. Plano de planta instalación eléctrica fuerza primer nivel
17. Plano de planta instalación eléctrica fuerza segundo nivel
18. Plano de planta de pañuelos y bajadas de agua pluvial
19. Plano de planta acabados primer nivel
20. Plano de planta acabados segundo nivel

### **2.13. Especificaciones técnicas**

- **Limpieza general**

Antes de realizar la limpieza del terreno se debe observar si existe vulnerabilidad, así también en la zona. Se debe especificar un punto donde será el botadero para depositar materiales sobrantes de la obra, en caso de necesitar permisos municipales se debe tramitar por el ejecutor.

Deberá extraerse todo el material que sea dañino a la construcción, especialmente en sectores en donde se utilice para soporte estructural y pisos; se tomarán las medidas de precaución para evitar el peligro de daño a los trabajos y a la construcción misma.

- **Bodega y guardianía**

Se debe garantizar el correcto almacenamiento de los materiales en una bodega, especialmente aquellos perecen como el cemento y la cal; mientras que el acero de refuerzo debe almacenarse bajo techo y evitar el contacto con la humedad para evitar la corrosión. Así mismo, se debe contar con un espacio que permita la rotación de materiales perecederos y ver las indicaciones de almacenamiento los mismos. En el caso de materiales de patio, debe definirse su localización en un área libre de material orgánico y desechos.

- **Nivelación del terreno**

Los trabajos de nivelación deben cumplir con lo indicado en el diseño general de los planos, evitando rellenos innecesarios.

En el caso de localizar pozos de aguas negras o letrinas, se procede a analizar su ubicación dentro de la construcción y no se permite la colocación de elementos estructurales en el área inmediata.

- **Trazo**

Se definirá el área de trazo, dejando libre de obstáculos que puedan alterar la verificación de niveles, escuadras a 90° y medidas generales. De ser posible, se contará con un sólo nivel de trazo referencial, que quede perfectamente identificado, para evitar errores.

Para el trazo, se procederá a utilizar materiales sólidos y estables como tablas, reglas, etc., evitando el uso de ramas; identificando los puntos que corresponde a los ejes y rostros de la edificación. El trazo deberá estar autorizado por el supervisor.

- **Excavación**

Los niveles de cimentación deberán identificarse con claridad, especialmente las zonas que contienen elementos estructurales, de acuerdo a los planos. Las dimensiones de las excavaciones deberán corresponder al diseño estructural, evitando dejar áreas de relleno innecesario.

- **Cimiento corrido y zapatas**

Se deben realizar fundiciones uniformes, no se deberá aceptar relacionar concreto de diferentes elementos, si existe una diferencia de más de tres horas entre fundiciones.

En el cimiento corrido, se deberá tomar en cuenta los siguientes recubrimientos mínimos: vertical 2.50 cm y en la parte inferior 7.50 cm, con traslape mínimo de 5 cm; en ningún caso se aceptará que el acero de refuerzo del cimiento corrido o de las zapatas se localice en el eje neutro de la cimentación, ya que no cumple con el comportamiento del elemento estructural.

Se deberán utilizar elementos de concreto para colocar el refuerzo en el lugar que especifican los planos; no se aceptará el uso de piedras ni madera, se utilizarán tacos de concreto. Los traslapes deberán tener una longitud de desarrollo de 30 veces el diámetro de la varilla de refuerzo, pero en ningún caso la longitud de desarrollo debe ser menor a los 30 cm.

- **Solera de humedad**

Su función es evitar el ingreso de la humedad hacia el interior de los ambientes, ya que ello genera problemas en los pisos o en los muros; deberá colocarse en el punto donde evite el paso de humedad y permanecerá un mínimo de 5 cm dentro del terreno natural y 15 cm como máximo sobre el mismo.

- **Columnas**

Las columnas forman parte de los elementos de carga y es importante darle trato especial ya que trabajan como marcos estructurales, respetando lo indicado en los planos. Las columnas de mampostería (divisiones de puertas y ventanas) deberán quedar perfectamente centradas, con recubrimiento mínimo de 3 cm. En ningún caso se aceptará la colocación de ductos para instalaciones dentro de las mismas, ya que reducen considerablemente de su sección.

La fundición de las columnas deberá realizarse en forma continua para garantizar su funcionamiento, no se aceptará la fundición de columnas parcialmente. En el caso de columnas para puertas o ventanas, deberá quedar previsto en la fundición y no se permitirá la apertura de agujeros para colocación de fijadores.

Los traslapes se dejarán a diferente altura para evitar posibles puntos débiles en columnas. Las columnas y mochetas principales se anclarán al cimiento corrido, previo a la fundición y con anclajes no menores a 30 veces el diámetro nominal de la varilla, pero en ningún caso esta longitud debe ser menor a 30 cm.

- **Block**

El block deberá contar con una resistencia mínima a la compresión de 35 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo como mínimo una edad de 14 días de fabricación y deberá contar con autorización del supervisor para su colocación. Las dimensiones y especificaciones estarán indicadas en los planos.

- **Mortero de unión**

El mortero de unión para blocks, mejor conocido como sabieta, debe tener una proporción 1:2.75:0.25 en volumen, (1 parte de cemento, 2.75 partes de arena de río libre de impurezas, cernida en tamiza No. 12 y 0.25 de cal hidratada). No se permitirá el uso de cemento proveniente de sacos rotos, que presenten fraguado parcial o tenga más de 30 días de almacenamiento.

La colocación del mortero deberá realizarse uniformemente y facilitar la distribución en cada block y que la sisa de unión sea homogénea. Se deberá humedecer con agua a cada block antes de su colocación, para evitar contracción y dilatación. Para realizar la sisa se debe utilizar hierro liso de 3/8"; para que quede de 1.5 cm la sisa.

Para evitar desplomes y/o derrumbes, los muros no deberán levantarse a una altura mayor de 2.00 metros sin que se hayan construido los amarres verticales adyacentes.

- **Acero de refuerzo**

El acero de refuerzo está conformado por hierro legítimo y una resistencia ( $f_y$ ) de 4,218 kg/cm<sup>2</sup>. Todo el refuerzo deberá estar libre de polvo, óxido, escamas, pinturas, aceite u otro material extraño. Antes de la fundición deberá limpiarse el acero de todo tipo de mortero que le haya quedado.

El acero de refuerzo debe amarrarse en todas las intersecciones y deberá mantener los recubrimientos especificados fijando

externamente la formaleta. No se permitirá el uso de trozos de madera, piedra o block entre la formaleta y el acero de refuerzo. Los empalmes en varillas de acero deberán alternarse.

- **Concreto**

El concreto a utilizar en los elementos estructurales como zapatas, columnas, vigas, tendrán una resistencia a la compresión de 303 kg/cm<sup>2</sup> y proporción 1:1.5:1.5, mientras que los elementos como cimiento corrido, soleras, y columnas de muros de mampostería tendrán una resistencia a la compresión de 217 kg/cm<sup>2</sup> proporción 1:2:2; la proporción de todos los elementos indican partes de cemento, partes de arena y partes de piedrín (agregado grueso).

Según los manuales de construcción el concreto debe cumplir con los siguientes requisitos:

Llevará un agregado grueso de  $\frac{3}{4}$  pulg y un agregado fino (arena), libres de material orgánico. Se aceptará únicamente agregado grueso del tipo triturado.

El concreto será uniforme para todos los elementos estructurales y no podrá mezclarse directamente sobre el terreno natural, estableciendo un área en donde se pueda obtener un concreto libre de impurezas, así como libre de concreto fraguado.

El tiempo máximo de colocación de concreto, después de ser mezclado, será de 30 minutos y deberá utilizarse algún método aprobado por el supervisor para evitar espacios vacíos dentro de los

elementos estructurales (vibradores o introduciendo una varilla en toda la sección). En la fundición de cualquier elemento vertical, el concreto no se vaciará a una altura mayor de 1.20 metros dentro de las formaletas. No se aceptarán cementos fuera del tiempo (30 días después de su fabricación) o que se encuentren endurecidos.

- **Vigas**

Se debe tener total control en los anclajes, encofrados y fundiciones de las vigas. Los anclajes deberán realizarse en las columnas adyacentes y fundirlas junto con las columnas, la longitud de traslape mínima aceptable será de 30 veces el diámetro nominal de la varilla de refuerzo, pero nunca menor a 30 cm.

Garantizar la estabilidad del encofrado de cada viga, para evitar fallas a la viga durante el período de fraguado (de 21 a 28 días). La formaleta no se podrá retirar hasta que pasen 14 días de la fundición, quedando apuntalados los elementos horizontales. Se deberá tener especial cuidado en la hidratación y el fraguado de estos elementos, o si es necesario utilizar algún hidratante del concreto.

- **Pisos**

El nivel de suelo natural o de piso deberá estar perfectamente nivelada y compactada; se colocará una capa de 0.50 metros de material selecto, el cual deberá compactarse en capas no mayores de 0.15 metros y nivelarse perfectamente previo a la fundición del piso cerámico.

- **Aceras**

Serán construidas con un espesor de 0.18 metros; siendo 0.15 metros de empedrado fraguado y una torta de 0.03 metros de espesor, utilizando concreto de resistencia a la compresión no menor de 165 kg/cm<sup>2</sup>. La superficie sobre la cual se construirán las aceras será de material selecto con 0.50 metros de espesor el cual deberá compactarse en capas no mayores de 0.15 metros. El acabado final de las aceras será de tipo concreto rústico, y tendrán una pendiente mínima de 0.5% para facilitar el drenaje de agua pluvial hacia las cunetas.

- **Acabado final**

En los planos se indica que el acabado final consiste en repello más cernido más pintura en el interior de los ambientes, mientras que en el exterior el acabado final es block visto más sisado.

- **Ventanas**

Todas las ventanas se fijarán a los elementos estructurales mediante detalles especiales de anclaje, previamente instalados y fijados dentro de la mampostería. Las dimensiones y detalles están indicados en los planos.

Toda la estructura de ventanas deberá pintarse con dos manos de pintura anticorrosiva.

- **Puertas**

Cuando no se especifique en planos la estructura de las puertas, quedarán a disposición del ejecutor.

Las puertas metálicas se fijarán a los elementos estructurales igual que se fijarán las ventanas. Para el abatimiento de las puertas se utilizarán 3 bisagras de cartucho de 3 pulg. Toda la soldadura de fijación deberá pulirse para lograr un acabado similar al de la puerta en su conjunto. Deberán pintarse con dos manos de pintura anticorrosiva.

En las puertas metálicas se instalará un sistema de cierre consistente en una chapa tipo YALE o similar, con tres (3) juegos de llaves. Las puertas deberán llevar un jalador tanto en la parte interior como exterior.

- **Instalaciones eléctricas**

Es el conjunto de conductores y componentes utilizados para transportar la energía eléctrica, desde las líneas de distribución a la instalación eléctrica de la edificación. La acometida será para 240 voltios, dejando los conductores indicados en planos, utilizando el color rojo para corriente (línea viva) y el color blanco para neutro y retorno con color azul. Los circuitos deberán separarse en fuerza e iluminación.

El tablero de distribución será monofásico, con capacidad para varios circuitos (dependiendo de las unidades), 120 o 240 voltios, colocado a

una altura mínima de 1.70 metros sobre el nivel de piso terminado, empotrado en la pared.

Toda la tubería a utilizar será de poliducto (tubo eléctrico) de  $\frac{3}{4}$  pulg, para instalar en forma oculta dentro de los muros, pisos y losa. Toda la instalación eléctrica deberá ser probada previo a la recepción de la obra.

Las lámparas serán ahorradoras de 18 Watts contra humedad y polvo con 2 tubos led de 48 pulg 120 Voltios, atornilladas en las cajas octogonales que a su vez estarán fundidas las losas, el conducto eléctrico será de poliducto de  $\frac{3}{4}$  pulg de diámetro, en el caso de ser necesario se podrá utilizar hasta un poliducto de 1 pulg.

Las cajas de registro deberán ir selladas con su respectiva tapadera, evitando contar con alambres expuestos. Todo el alambrado deberá ir dentro de tubería ducto, desde la caja octogonal hasta la lámpara. No colocar cajas ni tuberías dentro de las columnas.

Los tomacorrientes serán para 120 y 240 voltios, que irán instalados sobre cajas rectangulares empotradas en muros. La altura de los tomacorrientes será de 0.40 metros sobre el nivel de piso y 1.50 metros para los interruptores, a excepción del interruptor de la cocina que estará a 1.30 metros por los aparatos electrodomésticos.

La acometida eléctrica general llegará a un poste de concreto que se encuentra dentro de la Finca Escuela Trinacional la cual no atraviesa calles. El poste deberá contar con un gancho empotrado para recibir el cable de sostén de los conductores eléctricos.

- **Acabados**

Cuando se especifique que todas las paredes tendrán un acabado final de block visto, sisado en ambas caras con una sisa de un centímetro como máximo, las columnas, soleras, sillares, dinteles y vigas de concreto se tallarán con sabieta en proporción 1:3 de cemento y arena de río cernida en un tamiz de 1/16 pulg. En los casos en que las sisas no sean homogéneas el ejecutor tendrá que aplicar repello y cernido vertical a las paredes, en ambas caras, y a costo suyo.

- **Drenaje sanitario y pluvial.**

Todas las zanjas deberán estar bien conformadas para la instalación de tubería, evitando los posibles asentamientos que afecten la colocación y prueba de tubería. El ancho de la zanja debe permitir la correcta maniobrabilidad de tubería y accesorios, siendo la profundidad mínima aceptable de 30 centímetros bajo el nivel de piso dentro del edificio, 50 centímetros en exteriores y 120 centímetros en las calles, ello variara según las cotas indicadas en planos. Para el relleno de las zanjas, se procederá mediante la compactación a ambos lados de la tubería, utilizando material selecto en capas sucesivas no mayores de 15 centímetros.

Antes de su instalación, toda tubería debe estar libre de tierra, aceite, grasas o cualquier elemento en su interior. Al final de cada jornada de instalación, se taparán los extremos, para evitar el ingreso de animales o material al interior de la tubería y cajas de registro. Se deberá utilizar tubería del tipo PVC de 115 PSI para drenajes, de un diámetro mínimo de 3 pulg.

Deberá realizarse una prueba final del sistema para evitar fugas, para esto se asignarán sectores de prueba previa al relleno de zanjas, colocado de piso e instalación de artefactos sanitarios.

- **Pruebas de tubería**

Se deben realizar pruebas a la tubería de drenaje de aguas negras y aguas lluvia para garantizar su correcto funcionamiento antes de rellenar las zanjas y colocación de pisos. Según los normativos de construcción y los códigos de diseño sistemas de drenajes se deben cumplir con los siguientes requisitos:

Antes de colocar los artefactos y después de llenar la tubería de agua hasta expulsar totalmente el aire, se aplicará una presión no menor de 100 PSI, manteniendo esta presión por un tiempo no menor a los 30 minutos, durante los cuales no deberá existir ningún descenso de la presión. En caso de ser satisfactoria la prueba, deberá establecerse y corregirse los problemas y repetir la prueba. Esta prueba se realizará con bomba y manómetro. El supervisor deberá verificar y certificar estas pruebas.

- **Lavado y desinfección de la tubería**

Antes de poner en servicio la tubería, deberá procederse a lavarla y desinfectarla interiormente. El primer paso consiste en el lavado, procediendo a abrir todas las llaves y contra llaves, haciéndose circular el agua durante un período mínimo de 15 minutos.

Para la desinfección se deberá vaciar la tubería, posteriormente se llenará con agua que contenga 200 ppm de cloro, la que se mantendrá 24 horas como mínimo en la tubería. Después de 24 horas, se vaciarán las tuberías y se procederá a lavarlas, utilizando agua de igual calidad a la que circulará en condiciones normales de funcionamiento. El agua utilizada para la desinfección es dañina para el consumo humano, por lo que deberá tenerse el cuidado en su colocación final.

- **Artefactos sanitarios**

Los artefactos sanitarios que se especifiquen en planos, serán de cerámica vitrificada y con acabado de color blanco, de las características especificadas en planos y en la lista de materiales. La instalación deberá hacerse siguiendo instrucciones del fabricante, debiendo tener especial cuidado en utilizar juntas que permitan su mantenimiento.

En el caso de los inodoros, estos serán instalados utilizando empaques en el piso y colocación de contra llaves de agua en la pared.

- **Limpieza final**

La limpieza se realizará permanentemente, para de mantener la obra limpia y transitable. Durante la construcción estará prohibido tirar escombros y residuos desde lo alto de los pisos de la construcción.

Esta limpieza abarcará baños, aberturas, pisos, lámparas, áreas exteriores, etc. Los pisos de cerámica serán encerados. Una vez

concluida la limpieza, el contratista cerrará todas las puertas con llave y entregará a la supervisión un llavero conteniendo todos los juegos de llaves con sus respectivos rótulos identificadores. Los pisos y artefactos deben ser lavados, las cerraduras libres de machas de pinturas y otros.

#### **2.14. Análisis de impacto ambiental**

Es importante realizar un análisis del impacto ambiental que la construcción del proyecto pueda tener, para definir la mejor forma de conservar y proteger los recursos naturales. La idea central del análisis es identificar y aplacar los impactos que el proyecto producirá en el medio ambiente.

Los posibles impactos ambientales que serán producidos en el proyecto son los siguientes:

- Emisiones a la atmósfera que serán generados por productos químicos como la pintura, pegamentos, soldadura y otros
- Residuos y/o contaminantes por actividades de acarreo de material como: polvo, vapores, humo, monóxido de carbono, óxidos de azufre y otros, los cuales pueden producir enfermedades a los trabajadores y habitantes del área de influencia directa.
- Descarga inadecuada de aguas residuales en el manejo de excretas proveniente de las instalaciones y campamentos en el área de trabajo puede producir agentes patógenos y contaminación del suelo.

- Desechos sólidos que se producirán en la fase de construcción y operación del proyecto, se tienen los residuos del material de excavación, construcción y operación del sistema; además se tendrán desechos producto de los trabajadores, entre otros.
- Ruidos y/o vibraciones se dan principalmente por la utilización de herramienta y equipo durante la fase de preparación del sitio y durante la fase de construcción de la edificación. El ruido puede resultar perjudicial para la fauna, trabajadores y vecinos de la zona.
- Fuentes de energía se verán afectas considerablemente dependiendo de la demanda de las mismas y la cantidad de combustibles fósiles a utilizar para la ejecución del proyecto.

Se deben tomar medidas de mitigación para aminorar los riesgos y amenazas ocasionados en la construcción del presente proyecto. Las precauciones necesarias son las siguientes:

El personal debe utilizar equipo de seguridad como: mascarillas, guantes, anteojos, entre otros y supervisar que utilicen adecuadamente los químicos para que no se propaguen en el ambiente.

Dar un manejo adecuado al concreto preparando solamente las cantidades requeridas en cada etapa para evitar desperdicios y derrames

Humedecer las áreas de excavación si es necesario, para no crear polvo en el ambiente.

Trasladar el material de desperdicio en el menor tiempo posible al botadero seleccionado para que no genere contaminación a terceros.

Conducir el agua residual hacia un punto de desfogue asignado, en donde se tenga control y no genere fuentes de infección y contaminación.

Se propone poner equipo de protección en los oídos de los trabajadores y que trabajen en horas donde no interrumpen horas de descanso de los vecinos.

#### **2.15. Análisis socio económico**

Se debe realizar un análisis socio económico para determinar la conveniencia de ejecutar los proyectos, los efectos indirectos y el valor social que puedan presentar.

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros es de utilidad para conocer la rentabilidad que generarán (Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2017, recuperado de [https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/923/mod\\_resource/content/1/contenido/index.html](https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/923/mod_resource/content/1/contenido/index.html)).

Para ello se utilizaron los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno, que se describen a continuación:

- Aporte comunitario inicial = \$ 0.00 (Q 0.00)
- Ingreso comunitario anual = \$ 0.00 (Q 0.00)
- Inversión inicial = \$ 254,928.66 (Q 1,984,534.78)
- Periodo de vida útil del proyecto = 50 años

- **Costo de mantenimiento**

Monto necesario para la compra del material o servicios necesarios para la reparación o mejora del centro de capacitación. Se calcula de la siguiente manera:

$$M = \frac{0.5\% * Ctp * (1 + IA)}{n}$$

Donde:

0.5% = Porcentaje para la compra de materiales

Ctp = Costo total del proyecto, \$ 254,928.66, Q 1,984,534.78

IA = Inflación anual, 0.6%

n = Número de meses del año, 12

El porcentaje de 0.6% de inflación anual es proporcionado por el Ministerio de Economía de El Salvador para mayo del 2019.

$$M = \frac{0.5\% * \$ 254,928.66 * (1 + 0.6\%)}{12} = \$ 106.23$$

$$F = \$ 106.23 * 12 = \$ 1,274.72$$

$$M = \frac{0.5\% * Q 1,984,534.78 * (1 + 0.6\%)}{12} = Q 826.94$$

$$F = Q 826.94 * 12 = Q 9,923.27$$

- **Valor presente neto**

El valor presente neto –VPN–, es una herramienta que sirve como indicador para medir y determinar la viabilidad de una inversión o un proyecto en términos de rentabilidad y ganancia, el cual proporciona a partir de sus análisis un marco de referencia para la toma de decisiones (Salazar, 2017, *Valor presente neto VPN*, recuperado de <https://abcfinanzas.com/administracion-financiera/valor-presente-neto/>).

$$VPN = -I + TA * \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) - F * \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right)$$

Donde:

VPN = Valor presente neto (quetzales)

I = Inversión inicial (\$ 254,928.66, Q 1,984,534.78)

TA = Tarifa anual (\$ 0.00, Q 0.00)

F = Costo de mantenimiento anual (\$ 1,274.72, Q 9,923.27)

i = Tasa de interés (6%)

n = Periodo de tiempo (50 años)

Para la formula anterior existen tres resultados, siendo los siguientes:

VPN > 0: la inversión se recupera, se obtiene rentabilidad y una ganancia.

VPN = 0: se recupera la inversión, pero no genera ganancia, no es rentable.

VPN < 0: no se recupera la inversión, el proyecto conlleva perdida de dinero.

$$VPN = - \$ 254,928.66 + \$ 0.00 * \left( \frac{(1 + 6\%)^{50} - 1}{6\%(1 + 6\%)^{50}} \right) - \$1,274.72 * \left( \frac{(1 + 6\%)^{50} - 1}{6\%(1 + 6\%)^{50}} \right)$$

$$VPN = - \$ 275,020.62$$

$$VPN = - Q 1,984,534.78 + Q 0.00 * \left( \frac{(1 + 6\%)^{50} - 1}{6\%(1 + 6\%)^{50}} \right) - Q 9,923.27 * \left( \frac{(1 + 6\%)^{50} - 1}{6\%(1 + 6\%)^{50}} \right)$$

$$VPN = - Q 2,140,943.97$$

El dinero invertido en el proyecto no se recuperará debido a que el resultado del cálculo del VPN es negativo, lo que quiere decir que el proyecto conlleva a pérdidas. El proyecto del centro de capacitación no tiene prioridades económicas sino sociales para aportar un beneficio a la población.

### **3. DISEÑO CENTRO DE ACOPIO PARA EL ALMACENAMIENTO DE GRANOS Y ALIMENTOS**

#### **3.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar un edificio que apoye a la población y a la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa, MTFRL, para dar respuesta a sus necesidades y almacenar granos básicos, alimentos y hortalizas que se produzcan en la Finca Escuela Trinacional. Se propuso una edificación de una planta y un solo ambiente; zapatas, columnas y vigas de concreto reforzado y el techo de estructura metálica con vigas Joist de tubo metálico, con sus respectivos servicios eléctricos.

#### **3.2. Diseño arquitectónico**

Entre las opciones más comunes se encuentran las estructuras con una, dos y cuatro aguas, para efectos de este proyecto se eligió una estructura de dos aguas. Para la selección de los materiales a utilizar se tomaron en cuenta los factores de clima, recursos disponibles, calidad de mano de obra y calidad de los materiales que se pueden obtener en la región, aplicando criterios de normativas para el diseño arquitectónico de bodegas para el almacenamiento de granos básicos y alimentos.

##### **3.2.1. Ubicación del edificio en el terreno**

El terreno disponible está ubicado sobre la Carretera Panamericana, kilómetro 85.5, cantón Zacamil, parcelamiento agrícola San Miguel, polígono 3, número 14, porción 1 en el municipio de Candelaria de La Frontera, departamento

de Santa Ana, República de El Salvador, coordenadas en grados minutos y segundos: 14°05'52.5"N 89°39'01.4"O en el ingreso a la Finca Escuela.

Al igual que el centro de capacitación todas las construcciones siguen la tendencia de edificaciones existentes en el interior de la Finca Escuela Trinacional y en este caso la bodega se construirá después de la bodega existente para no alejarla de las oficinas de ventas.

### **3.2.2. Distribución de ambientes**

Debido a que la edificación está destinada a cumplir la función de bodega, se diseñó un solo ambiente para que sea amplio y fresco para conservar los granos y alimentos que se almacenan.

### **3.2.3. Altura del edificio**

Por lo cálido del ambiente la mayor parte del año en Candelaria de la Frontera, la edificación tiene una altura de 6.00 metros libres para mantener ambientes frescos y agradables a los usuarios.

## **3.3. Análisis estructural**

“El objetivo del análisis estructural consiste en calcular las fuerzas internas y las deflexiones en un punto cualquiera de una estructura” (Camba, Et al, 1982, p. 4).

### 3.3.1. Pre-dimensionamiento estructural

En este proceso se le da medidas previas a los elementos que componen la estructura, utilizando métodos analíticos cortos según el procedimiento siguiente:

#### 3.3.1.1. Pre-dimensionamiento de vigas

El código ACI318-14 muestra una tabla con valores mínimos de la altura de vigas según sus condiciones de apoyo. El ancho queda a criterio del diseñador, pero no debe ser mayor que el ancho de la columna, para este caso el ancho será la mitad de la altura de la viga.

La forma en que se calcula el peralte es la siguiente:

$$h = \frac{L}{18.5}$$

Donde:

$h = 2b$ :

$$b = \frac{h}{2}$$

$d = h - \text{rec}$

$d$  = Peralte efectivo

$\text{rec}$  = Recubrimiento mínimo = 4 cm

Considerando la relación  $0.65 \geq b/d \geq 0.25$

Este pre-dimensionamiento se realizó en ambos sentidos, X y Y, a continuación:

Sentido Y

$$h_{viga} = L/18.5$$

$$h_{viga} = 5/18.5 = 0.27 \text{ m}$$

$$h_{viga} = 0.30 \text{ m}$$

$$b = 0.15 \text{ m}$$

Sentido X

$$h_{viga} = L/18.5$$

$$h_{viga} = 5/18.5 = 0.27 \text{ m}$$

$$h_{viga} = 0.30 \text{ m}$$

$$b = 0.15 \text{ m}$$

#### **Sección propuesta**

---

$$h = 0.30 \text{ m}$$

$$b = 0.15 \text{ m}$$

$$d = 0.30 \text{ m} - 0.03 \text{ m} = 0.27 \text{ m}$$

Según la relación:

$$0.65 \geq b/d \geq 0.25$$

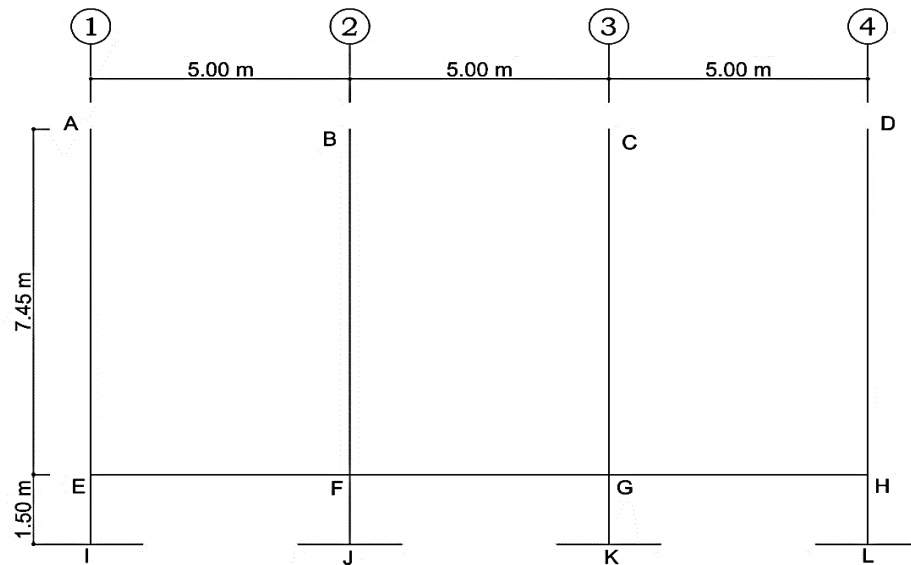
$$\frac{b}{d} = \frac{0.15}{0.27} = 0.56 \text{ chequean las dimensiones}$$

#### **3.3.1.2. Pre-dimensionamiento de columnas**

El código ACI indica que las dimensiones mínimas; ya sean diámetros o longitudes, para columnas equivalen de 8 a 10 pulg, por lo que se propone diseñar columnas cuadradas de 30 cm x 30 cm para cumplir con el requerimiento mínimo.

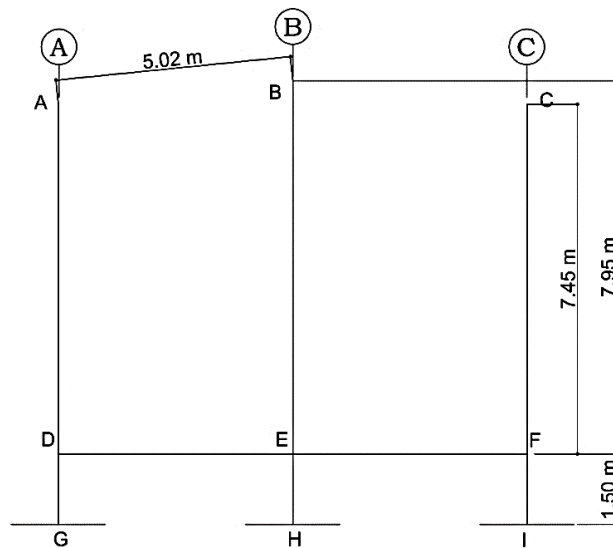
### 3.3.2. Modelos matemáticos para marcos rígidos

**Figura 68. Marco en el eje X, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

**Figura 69. Marco en el eje Y, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

### **3.3.3. Cargas de diseño**

Para realizar un correcto análisis de la estructura es necesario conocer con precisión las cargas a la que va a estar sometida estas estructuras, por lo tanto, se aplican los diversos tipos de carga de acuerdo a lo establecido en el código ACI.

Dependiendo de la aplicación de las cargas se clasifican en: cargas verticales y cargas laterales.

#### **3.3.3.1. Cargas verticales**

Fuerzas que resultan del peso de todos los elementos de construcción, del peso y actividad de sus ocupantes y peso de equipamiento.

##### **3.3.3.1.1. Carga viva**

Las cargas vivas consisten principalmente en cargas de ocupación en edificios. Estas pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y pueden cambiar su ubicación. Su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado (Mc Cormac, 2013, p. 28).

##### **3.3.3.1.2. Carga muerta**

Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen en un mismo lugar. Incluyen el peso propio de la estructura en estudio, así como también cualesquiera elementos que están permanentemente unidos a ella. En un edificio con estructura de concreto reforzado, algunas de las cargas muertas

son los marcos, muros, pisos, cielos rasos, escaleras, techos y plomería (Mc Cormac, 2013, p. 28).

### **3.3.3.2. Cargas laterales**

Las cargas laterales que afectan a la edificación son las cargas de viento y las cargas de sismo.

Para un cálculo más exacto de las cargas laterales en la estructura, únicamente se tomaron en cuenta las cargas sísmicas, basadas en el código sísmico de El Salvador.

### **3.3.4. Cargas verticales en marcos rígidos**

Las cargas linealmente distribuidas que se utilizan para realizar el análisis estructural, se calcularon tomando en cuenta los datos anteriores; la geometría de la planta y siguiendo el proceso que se muestra:

#### **3.3.4.1. Cargas muertas de diseño**

Las cargas muertas de diseño, CM, que se utilizaron en la edificación son las siguientes:

- Peso del concreto  $2,400 \text{ kg/m}^3$
- Peso de sobrecarga  $60 \text{ kg/m}^2$
- Peso de muros  $2,400 \text{ kg/m}^2$
- Peso de techo  $198.69 \text{ kg/m}^2$ , calculado en la sección 3.5.1 (aplicado en las columnas superiores)

Las cargas muertas, sin losas ni vigas que soportar, se determinan así:

- Marco 1, sentido Y, eje 1 y eje 4

A-B:

$$CM = W_{\text{sobrecarga}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{viga}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = \frac{60 \text{ kg/m}^2 * 7.15 \text{ m}^2}{5.00 \text{ m}} = 85.80 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{muros}} = 2400 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{vigas}} = 0.30 \text{ m} * 0.15 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^3 = 108 \text{ kg/m}$$

$$CM = 2,593.80 \text{ kg/m}$$

#### **3.3.4.2. Cargas vivas de diseño**

Las vigas de concreto reforzado de la edificación no soportan cargas vivas, por lo que no se aplica ninguna carga.

#### **3.3.4.3. Carga última de diseño**

“Consiste en aumentar las cargas estimadas aplicadas a las estructuras con factores (...). Se aumentan para considerar las incertidumbres involucradas al estimar sus magnitudes” (Mc Cormac, 2013, p. 79).

Para el diseño de la carga última de esta estructura se utilizaron los requisitos que el International Building Code (IBC) y el estándar 7 de ASCE indican.

$$CU = 1.2 \text{ CM}$$

A-B:

$$CU = 1.2 * 2,593.80 \text{ kg/m} = 3,112.56 \text{ kg/m}$$

Este procedimiento se realiza de la misma manera en los marcos críticos.

**Figura 70. Cargas en marcos rígidos, centro de acopio**

**Marco 1 sentido Y  
eje 1-1 y eje 4-4**

|                                   |                |                |
|-----------------------------------|----------------|----------------|
| Longitud (m)                      | 5.00           | 5.00           |
| Área tributaria (m <sup>2</sup> ) | 7.15           | 13.64          |
| Carga viva (kg/m)                 | 0.00           | 0.00           |
| Carga muerta (kg/m)               | 2593.80        | 2671.68        |
| <b>Carga última (kg/m)</b>        | <b>3112.56</b> | <b>3206.02</b> |
|                                   | <b>A</b>       | <b>B</b>       |

**sentido X  
eje A y eje C**

|                                   |                |                |                |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Longitud (m)                      | 5.00           | 5.00           | 5.00           |
| Área tributaria (m <sup>2</sup> ) | 7.15           | 38.26          | 38.26          |
| Carga viva (kg/m)                 | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
| Carga muerta (kg/m)               | 2593.80        | 2967.12        | 2967.12        |
| <b>Carga última (kg/m)</b>        | <b>3112.56</b> | <b>3560.54</b> | <b>3560.54</b> |
|                                   | <b>1</b>       | <b>2</b>       | <b>3</b>       |

Fuente: elaboración propia

### **3.3.5. Cargas laterales en marcos rígidos**

Las fuerzas laterales a las que se encuentra expuesto comúnmente un edificio son: de viento y de sismo. En el análisis estructural regularmente se considera una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Para este caso, se diseñó el edificio para soportar fuerzas sísmicas, utilizando el método SEAOC, Structural Engineering Association of California, adaptado a la norma técnica para diseño por Sismos de El Salvador, debido a que es un país con alto riesgo sísmico.

#### **3.3.5.1. Fuerzas sísmicas**

Las fuerzas sísmicas se determinan con el método de SEAOC, cuyo procedimiento se describe de la siguiente manera:

#### **3.3.5.2. Método SEAOC**

Este método está adaptado a las condiciones de El Salvador, elaborado por un comité técnico que reemplaza a las Regulaciones de Emergencia de diseño Sísmico de dicho país.

$$V = C_s * W$$

Donde:

$$C_s = \left( \frac{AICo}{R} \right) * \left( \frac{T_o}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$T_o = 0.6$$

$$T = 0.12 * \frac{H}{B^2}$$

$$H = 9.45 \text{ m}$$

$$B = 15.00 \text{ m}$$

$$C_o = 3$$

$$A = 0.40$$

$$I = 1.20$$

$$R = 8$$

$$T = 0.12 * \frac{9.45}{15.00^{\frac{1}{2}}} = 0.29 \text{ seg}$$

Con los datos anteriores se puede calcular el coeficiente sísmico.

$$C_s = \left( \frac{0.40 * 1.20 * 3}{8} \right) * \left( \frac{0.60}{0.29} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.29$$

Para determinar el corte básico es necesario conocer el peso total de la edificación. Tomando en cuenta la carga última de diseño de los marcos críticos se tienen los datos siguientes:

| Eje Y |           | Eje X |           |
|-------|-----------|-------|-----------|
| Wy    | 52.27 Ton | Wx    | 42.64 Ton |

$$L_{\text{columnas1}} = 7.45 \text{ m}$$

$$L_{\text{columnas2}} = 7.95 \text{ m}$$

$$L_{\text{columnas inferior}} = 1.50 \text{ m}$$

$$\text{No.col. 1} = 8$$

$$\text{No.col. 2} = 2$$

$$\text{No.col. Inferior} = 10$$

$$W_{\text{columnas 1}} = 143.04 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{columnas 2}} = 38.16 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{columnas inferior}} = 36 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{total}} = 217.20 \text{ Ton}$$

Por lo tanto, el corte basal es

$$V = 0.29 * 217.20 = 63.07 \text{ Ton}$$

- Fuerza por nivel

Se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$F_{ni} = \frac{(V - F_t) * W * H_i}{\sum(W_i * H_i)}$$

Donde:

$F_{ni}$  = Fuerza por nivel

$V$  = Corte basal

$F_t$  = Fuerza de techo, cuando  $T$  (periodo natural de la vibración) es menor que 0.25,  $F_t = 0$ ; cuando  $T \geq 0.25$ ,  $F_t = (0.07) (T) (V)$

$W$  = Peso propio de la estructura

$W_i$  = Peso propio de la estructura por nivel

$H_i$  = Altura, medida desde la cimentación al nivel considerado

|                      |                              |       |
|----------------------|------------------------------|-------|
| $V =$                | 63.07                        | Ton   |
| $F_t =$              | $0.07 * 0.29 * 63.07 = 1.29$ | Ton   |
| $W_{col1} =$         | 143.04                       | Ton   |
| $H_{col1} =$         | 7.45                         | m     |
| $W_{col2} =$         | 38.16                        | Ton   |
| $H_{col2} =$         | 7.95                         | m     |
| $W_{inf} =$          | 36.00                        | Ton   |
| $H_{inf} =$          | 1.50                         | m     |
| $W_{col1}H_{col1} =$ | 1,065.65                     | Ton.m |
| $WH_{cen} =$         | 303.37                       | Ton.m |
| $WH_{inf} =$         | 54.00                        | Ton.m |
| $\sum WH =$          | 1,423.02                     | Ton.m |

- Fuerza de columnas superiores externas

$$F_{col1} = \frac{(63.07 - 1.29) * 1,065.65}{1,423.02} = 46.27 \text{ Ton}$$

- Fuerza en columnas superiores centrales

$$F_{col2} = \frac{(63.07 - 1.29) * 303.37}{1,423.02} = 13.17 \text{ Ton}$$

- Fuerza en columnas inferiores

$$F_{inf} = \frac{(63.07 - 1.29) * 54.00}{1,423.02} = 2.34 \text{ Ton}$$

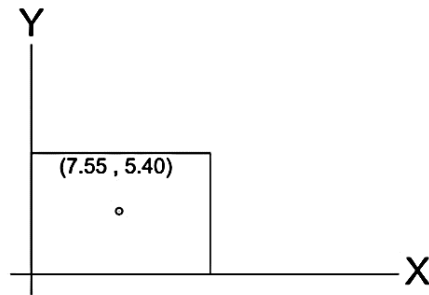
- Fuerza por marco

- Centro de masa del edificio

El centro de masa del edificio se calcula por medio de la ecuación de centro de masa, pero en este caso se determinó el centro por medio de Auto CAD versión 2015.

$$X = 7.55 \text{ m} \qquad Y = 5.40 \text{ m}$$

**Figura 71. Centro de masa del edificio, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

- Centro de rigidez (CR)

Para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$CR = \frac{\sum(km * Li)}{\sum Kmi}$$

Donde:

$km_i$  = Rigidez del marco por el número de columnas

$L_i$  = Longitud

CR = Centro de rigidez

Eje X

**Tabla 77. Rigidez por marco en el eje X, centro de acopio**

| Marco | No. columnas | kc (columna) | km (marco)   | Longitud (m)  | km*L |
|-------|--------------|--------------|--------------|---------------|------|
| 1     | 3            | k            | 3 k          | 0             | 0    |
| 2     | 1            | k            | 1 k          | 5.00          | 5    |
| 3     | 1            | k            | 1 k          | 10.00         | 10   |
| 4     | 3            | k            | 3 k          | 15.00         | 15   |
|       |              |              | Total = 8.00 | Total = 60.00 |      |

Fuente: elaboración propia

$$CR_x = \frac{60.00}{8.00} = 7.50 \text{ m}$$

Eje Y

**Tabla 78. Rigidez por marco en el eje Y, centro de acopio**

| Marco | No. columnas | kc (columna) | km (marco)   | Longitud (m) | km*L          |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| A     | 4            | k            | 4 k          | 10.00        | 40            |
| B     | 1            | k            | 1 k          | 5.00         | 5             |
| C     | 4            | k            | 4 k          | 0.00         | 0             |
|       |              |              | Total = 9.00 |              | Total = 45.00 |

Fuente: elaboración propia

$$CR_y = \frac{45.00}{9} = 5.00 \text{ m}$$

Por lo tanto, el centro de rigideces (CR) está ubicado en las siguientes coordenadas

$$CR_x = 7.50 \text{ m}$$

$$CR_y = 5.00 \text{ m}$$

- Excentricidad del edificio (e)

$$e = |CR - CM|$$

$$e_{min} = 5\%B$$

Donde:

$$B_x = 15.00 \text{ m}$$

$$B_y = 10.00 \text{ m}$$

$$e_x = |7.50 - 7.55| = 0.05 \text{ m}$$

$$e_y = |5.00 - 5.40| = 0.40\text{m}$$

$$e_{minx} = 5\%15.00 = 0.75\text{m}$$

$$e_{miny} = 5\%10.00 = 0.50\text{m}$$

Para efecto de diseño se utilizó la excentricidad mayor

$$e_{diseñox} = 0.75 \text{ m}$$

$$e_{diseño y} = 0.50 \text{ m}$$

### 3.3.6. Cálculo de fuerzas por marcos estructurales establecidos para el diseño

Se distribuyeron en función del porcentaje de rigidez que represente cada marco con respecto al piso y la fuerza aplicada por el momento torsional que origina dicha excentricidad.

Para su cálculo se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$F'_m = \left| \frac{km \cdot F_{ni}}{\sum km} \right| \quad F''_m = \frac{e}{\frac{\sum (km \cdot d_i^2)}{km \cdot d_i}}$$

Donde:

e = Excentricidad

F<sub>ni</sub> = Fuerza del piso

K<sub>m</sub> = Rigidez de marco

d<sub>i</sub> = Distancia de eje a CR

F<sub>m</sub> = Fuerza de diseño

Se aplicaron las ecuaciones anteriores a cada marco y cada nivel de la estructura.

**Tabla 79. Fuerza en marcos superiores ejes A, B y C sentido X**

| Marco | e (y) | F <sub>ni</sub> | km | d <sub>i</sub> (m) | km*d <sub>i</sub> | km*d <sub>i</sub> <sup>2</sup> | F'm   |
|-------|-------|-----------------|----|--------------------|-------------------|--------------------------------|-------|
| A     | 0.50  | 46.27           | 4  | 5.20               | 20.80             | 108.16                         | 20.56 |
| B     | 0.50  | 13.17           | 1  | 0.20               | 0.20              | 0.04                           | 1.46  |
| C     | 0.50  | 46.27           | 4  | -4.80              | -19.20            | 92.16                          | 20.56 |
|       |       | Suma = 9.00     |    |                    |                   | Suma = 200.36                  |       |

| F'm   | F'm - F''m | F'm+F''m | F <sub>ni</sub> /#Marcos | F <sub>n</sub> (diseño) |
|-------|------------|----------|--------------------------|-------------------------|
| 2.40  | 18.16      | 22.96    | 11.57                    | 11.57                   |
| 0.01  | 1.46       | 1.47     | 13.17                    | 1.47                    |
| -2.22 | 22.78      | 18.35    | 11.57                    | 11.57                   |

Fuente: elaboración propia

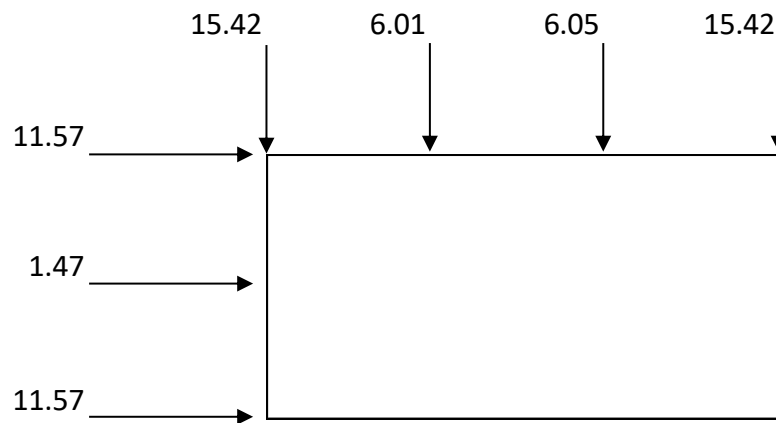
**Tabla 80. Fuerza en marcos inferiores ejes A, B y C sentido X**

| Marco | e (y) | F <sub>ni</sub> | km | d <sub>i</sub> (m) | km*d <sub>i</sub> | km*d <sub>i</sub> <sup>2</sup> | F'm  |
|-------|-------|-----------------|----|--------------------|-------------------|--------------------------------|------|
| A     | 0.50  | 2.34            | 4  | 5.20               | 20.80             | 108.16                         | 1.04 |
| B     | 0.50  | 2.34            | 1  | 0.20               | 0.20              | 0.04                           | 0.26 |
| C     | 0.50  | 2.34            | 4  | -4.80              | -19.20            | 92.16                          | 1.04 |
|       |       | Suma = 9.00     |    |                    |                   | Suma = 200.36                  |      |

| F'm   | F'm - F''m | F'm+F''m | F <sub>ni</sub> /#Marcos | F <sub>n</sub> (diseño) |
|-------|------------|----------|--------------------------|-------------------------|
| 0.12  | 0.92       | 1.16     | 0.59                     | 0.59                    |
| 0.00  | 0.26       | 0.26     | 2.34                     | 0.26                    |
| -0.11 | 1.15       | 0.93     | 0.59                     | 0.59                    |

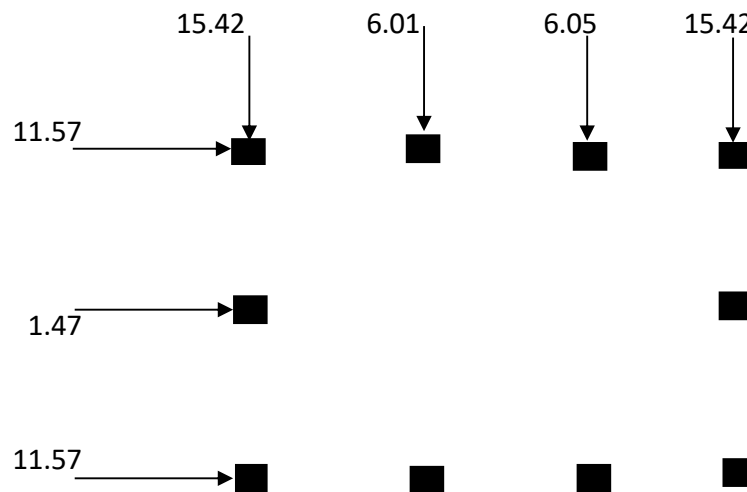
Fuente: elaboración propia

**Figura 72. Planta inferior de cargas, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

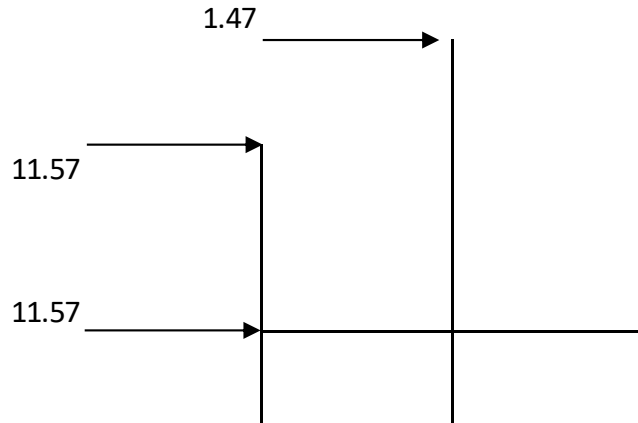
**Figura 73. Planta superior de cargas, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

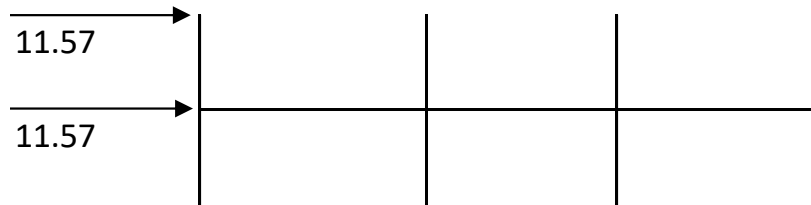
Las fuerzas de diseño mayores son las que se utilizaron en el diseño estructural de la edificación, quedando de la siguiente manera:

**Figura 74. Elevación de eje X, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

**Figura 75. Elevación marco 3 eje X, centro de acopio**

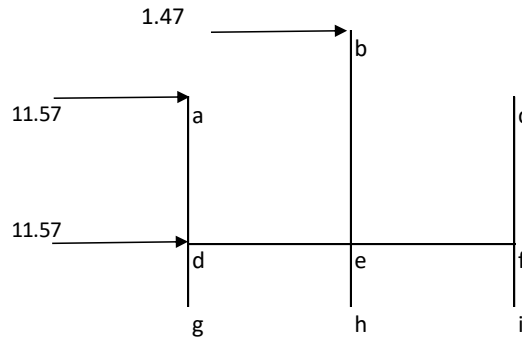


Fuente: elaboración propia

### **3.4. Análisis de marcos rígidos por un método de análisis numérico (Kani) y comparación por medio de software (ETABS)**

La estructura analizada se clasifica en pórtico con desplazamiento horizontal, el procedimiento desarrollado por medio de Kani es el siguiente:

**Figura 76. Marco 1 eje Y, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

Inercias para columnas y viga

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} * 0.30 * 0.30^3 = 0.000675$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} * 0.15 * 0.30^3 = 0.000338$$

Inercias relativas para columnas y viga

$$I_{\text{columna}} = \frac{0.000675}{0.000675} = 1$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{0.000338}{0.000675} = 0.50$$

Cálculo de rigidez para vigas y columnas con la siguiente fórmula

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}}$$

Donde:

I = Inercia del elemento

$L$  = Longitud del elemento

Rigideces

$K_{ad}$  y  $K_{da}$ ,  $K_{cf}$  y  $K_{fc}$  = 0.13

$K_{be}$  y  $K_{eb}$  = 0.13

$K_{dg}$  y  $K_{gd}$ ,  $K_{eh}$  y  $K_{he}$ ,

$K_{fi}$  y  $K_{if}$  = 0.67

$K_{de}$  y  $K_{ed}$ ,  $K_{ef}$  y  $K_{fe}$  = 0.10

Factores de giro (coeficiente de reparto) ( $\mu_{ik}$ ):

| Nodo a      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{ad}$  | 0.13        | -0.50        |
| <b>Suma</b> | <b>0.13</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo b      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{be}$  | 0.13        | -0.50        |
| <b>Suma</b> | <b>0.13</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo c      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{cf}$  | 0.13        | -0.50        |
| <b>Suma</b> | <b>0.13</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo f      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{fe}$  | 0.10        | -0.06        |
| $\mu_{fc}$  | 0.13        | -0.07        |
| $\mu_{fi}$  | 0.67        | -0.37        |
| <b>Suma</b> | <b>0.90</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo d      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{da}$  | 0.13        | -0.07        |
| $\mu_{de}$  | 0.10        | -0.06        |
| $\mu_{dg}$  | 0.67        | -0.37        |
| <b>Suma</b> | <b>0.90</b> | <b>-0.50</b> |

| Nodo e      | $K_{ik}$    | $\mu$        |
|-------------|-------------|--------------|
| $\mu_{ed}$  | 0.10        | -0.05        |
| $\mu_{eb}$  | 0.13        | -0.06        |
| $\mu_{ef}$  | 0.10        | -0.05        |
| $\mu_{eh}$  | 0.67        | -0.34        |
| <b>Suma</b> | <b>0.99</b> | <b>-0.50</b> |

Nodo g, h y i

Nodos de cimientos es cero

Factores de corrimiento o desplazamiento ( $v_{ik}$ )

**superior**

$$v_{ae} = -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.13}{0.13 + 0.13 + 0.13} \right) = -0.51$$

$$v_{bf} = -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.13}{0.13 + 0.13 + 0.13} \right) = -0.48$$

$$v_{cg} = -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.13}{0.13 + 0.13 + 0.13} \right) = -0.51$$

---

**Suma -1.50**

**inferior**

$$v_{eh} = -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.67}{0.67 + 0.67 + 0.67} \right) = -0.50$$

$$v_{fi} = -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.67}{0.67 + 0.67 + 0.67} \right) = -0.50$$

$$v_{gj} = -\frac{3}{2} * \left( \frac{0.67}{0.67 + 0.67 + 0.67} \right) = -0.50$$

---

**Suma -1.50**

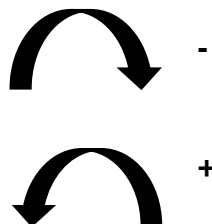
Momentos fijos MF

Momento para cargas uniformemente distribuidas, empotrado en ambos sentidos y momentos para cargas uniformemente distribuidas, simplemente apoyadas en ambos sentidos:

$$MF = \pm \frac{WL^2}{12}$$

$$MF = \pm \frac{WL^2}{8}$$

**Figura 77. Dirección para momentos fijos**



Fuente: elaboración propia

$$MF_{ad} = \frac{0.997 * 5.02^2}{8} = 3.14 \text{ Ton*m}$$

$$MF_{de} = \frac{3.11 * 5.00^2}{12} = 6.48 \text{ Ton*m}$$

**Tabla 81. Resumen de momentos, centro de acopio**

| Momento    | W<br>(Ton/m) | L (m) | M<br>(Ton.m) | Dirección de<br>momento |
|------------|--------------|-------|--------------|-------------------------|
| <b>Mad</b> | 0.997        | 5.02  | 3.14         | 3.14                    |
| <b>Mda</b> | 0.997        | 5.02  | 3.14         | -3.14                   |
| <b>Mbe</b> | 0.997        | 5.02  | 3.14         | 3.14                    |
| <b>Meb</b> | 0.997        | 5.02  | 3.14         | -3.14                   |
| <b>Mcf</b> | 0.81         | 4.07  | 1.67         | 1.67                    |
| <b>Mfc</b> | 0.81         | 4.07  | 1.67         | -1.67                   |
| <b>Mde</b> | 3.11         | 5.00  | 6.48         | 6.48                    |
| <b>Med</b> | 3.11         | 5.00  | 6.48         | -6.48                   |
| <b>Mef</b> | 3.21         | 5.00  | 6.68         | 6.68                    |
| <b>Mfe</b> | 3.21         | 5.00  | 6.68         | -6.68                   |

Fuente: elaboración propia

Momento de entrepiso

$$M_p = \frac{\sum H * h_i}{3}$$

Donde:

$H_i$  = Altura de cada piso

$H$  = Altura desde la base al piso

**superior externo**

Suma  $H$  = 16.09 Ton

$h_i$  = 7.45 m

**$M_p$  = 39.95 Ton.m**

---

**superior interno**

Suma  $H$  = 2.65 Ton

$h_i$  = 7.95 m

**$M_p$  = 7.02 Ton.m**

---

**inferior**

Suma  $H$  = 16.90 Ton

$h_i$  = 1.50 m

**$M_p$  = 8.45 Ton.m**

---

Momentos de sujeción( $M_s$ )

**Tabla 82. Momentos de sujeción por nodo, centro de acopio**

| Nodo | Ms          |
|------|-------------|
| MSa  | 3.14 Ton.m  |
| MSb  | 3.14 Ton.m  |
| MSc  | 4.82 Ton.m  |
| MSd  | 6.48 Ton.m  |
| MSe  | -2.95 Ton.m |
| MSf  | -8.35 Ton.m |

Fuente: elaboración propia

- Proceso interactivo del método de Kani para el respectivo análisis

Primera iteración:

Nodo a.

$$M'_{ad} = -0.50 * (3.14) = -1.57$$

Nodo b.

$$M'_{be} = -0.50 * (3.14) = -1.57$$

Nodo c.

$$M'_{cf} = -0.50 * (4.82) = -2.41$$

Nodo f.

$$M'_{fe} = -0.06 * (-8.35 - 2.41) = 0.60$$

$$M'_{fc} = -0.07 * (-8.35 - 2.41) = 0.80$$

$$M'_{fi} = -0.37 * (-8.35 - 2.41) = 3.98$$

Nodo d.

$$M'_{da} = -0.07 * (6.48 - 1.57) = -0.37$$

$$M'_{de} = -0.06 * (6.48 - 1.57) = -0.27$$

$$M'_{dg} = -0.37 * (6.48 - 1.57) = -1.82$$

Nodo e.

$$M'_{ed} = -0.05 * (-2.95 - 1.57 + 0.60 - 0.27) = 0.21$$

$$M'_{eb} = -0.06 * (-2.95 - 1.57 + 0.60 - 0.27) = 0.27$$

$$M'_{ef} = -0.05 * (-2.95 - 1.57 + 0.60 - 0.27) = 0.21$$

$$M'_{eh} = -0.34 * (-2.95 - 1.57 + 0.60 - 0.27) = 1.41$$

Deslizamiento de piso superior

$$M''_{ad} = -0.51 * (28.72 - 1.57 - 1.57 - 2.41 + 0.80 - 0.37 + 0.27) = -12.19$$

$$M''_{be} = -0.48 * (3.90 - 1.57 - 1.57 - 2.41 + 0.80 - 0.37 + 0.27) = -0.46$$

$$M''_{cf} = -0.51 * (28.72 - 1.57 - 1.57 - 2.41 + 0.80 - 0.37 + 0.27) = -12.19$$

Deslizamiento de piso inferior

$$M''_{dg} = -0.50 * (11.57 + 3.98 + 0 - 1.82 + 0 + 1.41 + 0) = 7.57$$

$$M''_{eh} = -0.50 * (11.57 + 3.98 + 0 - 1.82 + 0 + 1.41 + 0) = 7.57$$

$$M''_{fi} = -0.50 * (11.57 + 3.98 + 0 - 1.82 + 0 + 1.41 + 0) = 7.57$$

En la tabla 83. se muestran las iteraciones necesarias para llegar a valores semejantes en cada nodo.

**Tabla 83. Iteraciones en eje Y, centro de acopio**

| Nodo               | Iteración 1 | Iteración 2 | Iteración 3 | Iteración 4 | Iteración 5 | Iteración 6 | Iteración 7 | Iteración 8 |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| M <sup>i</sup> ad  | -1.57       | 4.50        | 8.35        | 9.75        | 11.39       | 12.63       | 13.58       | 14.31       |
| M <sup>i</sup> be  | -1.57       | -1.92       | 1.87        | 3.21        | 4.75        | 5.92        | 6.81        | 7.50        |
| M <sup>i</sup> cf  | -2.41       | 3.49        | 5.64        | 9.32        | 11.03       | 12.34       | 13.35       | 14.11       |
| M <sup>i</sup> fe  | 0.30        | -0.04       | -0.16       | -0.36       | -0.45       | -0.52       | -0.57       | -0.61       |
| M <sup>i</sup> fc  | 0.40        | 4.25        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        |
| M <sup>i</sup> fi  | 1.99        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00        |
| M <sup>i</sup> da  | 0.06        | 0.50        | 0.81        | 0.96        | 1.09        | 1.20        | 1.28        | 1.35        |
| M <sup>i</sup> de  | 0.04        | -0.31       | -0.52       | -0.59       | -0.68       | -0.74       | -0.79       | -0.83       |
| M <sup>i</sup> dg  | 0.28        | 0.77        | -0.42       | -1.27       | -2.14       | -2.87       | -3.45       | -3.90       |
| M <sup>i</sup> ed  | 0.20        | 0.25        | 0.07        | 0.02        | -0.05       | -0.10       | -0.14       | -0.17       |
| M <sup>i</sup> eb  | 0.25        | 0.28        | 0.55        | 0.67        | 0.78        | 0.87        | 0.94        | 0.99        |
| M <sup>i</sup> ef  | 0.20        | 0.25        | 0.07        | 0.02        | -0.05       | -0.10       | -0.14       | -0.17       |
| M <sup>i</sup> eh  | 1.30        | 4.20        | 3.27        | 2.55        | 1.83        | 1.22        | 0.73        | 0.34        |
| M <sup>''</sup> ad | -12.19      | -20.33      | -23.46      | -26.88      | -29.50      | -31.51      | -33.04      | -34.21      |
| M <sup>''</sup> be | 0.46        | -7.17       | -10.11      | -13.31      | -15.76      | -17.64      | -19.08      | -20.17      |
| M <sup>''</sup> cf | -12.19      | -20.33      | -23.46      | -26.88      | -29.50      | -31.51      | -33.04      | -34.21      |
| M <sup>''</sup> dg | -7.57       | -8.26       | -7.21       | -6.43       | -5.63       | -4.96       | -4.42       | -4.00       |
| M <sup>''</sup> eh | -7.57       | -8.26       | -7.21       | -6.43       | -5.63       | -4.96       | -4.42       | -4.00       |
| M <sup>''</sup> fi | -7.57       | -8.26       | -7.21       | -6.43       | -5.63       | -4.96       | -4.42       | -4.00       |

Fuente: elaboración propia

Cálculo de momentos finales en los extremos de cada elemento

$$M_{ik} = M_{Fik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$$

$$M_{de} = 6.48 + 2 * (-1.15) - 0.15 = 4.03 \quad \text{Ton*m}$$

$$M_{ed} = -6.48 - 1.15 + 2 * (-0.15) = -7.93 \quad \text{Ton*m}$$

$$M_{ef} = 6.68 + 2 * (-0.15) - 0.30 = 6.08 \quad \text{Ton*m}$$

$$M_{fe} = -6.68 - 0.15 + 2 * (-0.30) = -7.44 \quad \text{Ton*m}$$

Se realiza el mismo procedimiento en las columnas

**Tabla 84. Momentos en columnas (ton\*m)**

|                 |        |
|-----------------|--------|
| M <sub>ad</sub> | -1.07  |
| M <sub>da</sub> | -20.84 |
| M <sub>be</sub> | -1.01  |
| M <sub>eb</sub> | -13.64 |
| M <sub>cf</sub> | -4.27  |
| M <sub>fc</sub> | -21.58 |
| M <sub>dg</sub> | -15.69 |
| M <sub>gd</sub> | -9.08  |
| M <sub>eh</sub> | -2.52  |
| M <sub>he</sub> | -2.49  |
| M <sub>fi</sub> | -2.46  |
| M <sub>if</sub> | -2.46  |

Fuente: elaboración propia

Vigas positivo

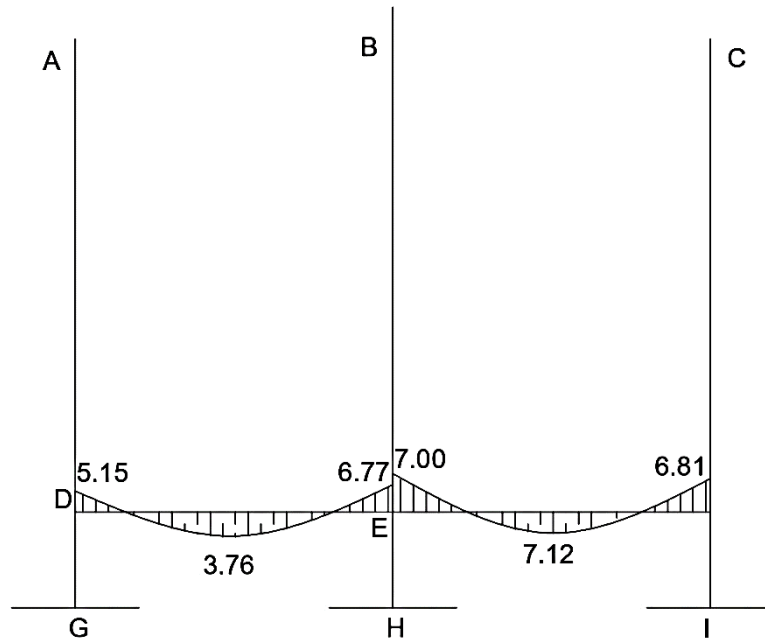
$$M_{ik(+)} = \frac{WL^2}{8} - \frac{|M_i(-)| + |M_k(-)|}{2}$$

$$M_{de} = \frac{3.11 * 5.00^2}{8} - \frac{|4.03| + |-7.93|}{2} = 3.74 \text{ Ton*m}$$

$$M_{ef} = \frac{3.21 * 5.00^2}{8} - \frac{|6.08| + |-7.44|}{2} = 3.26 \text{ Ton*m}$$

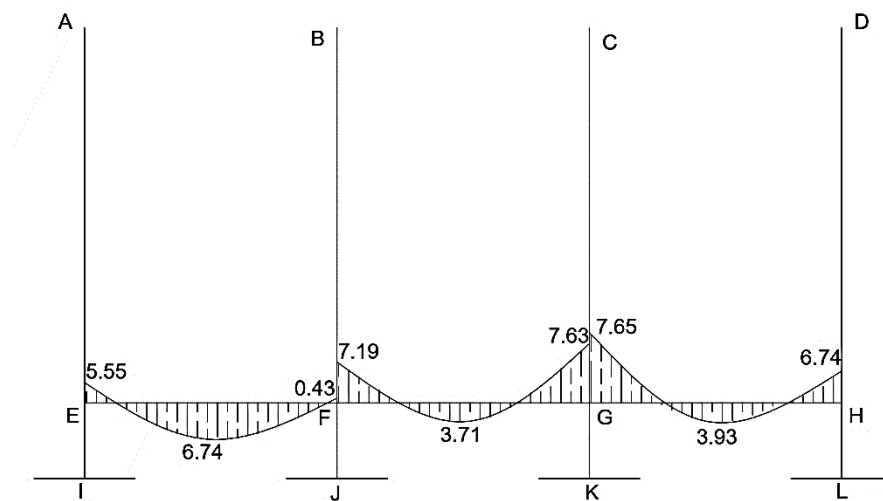
Este mismo proceso se aplicó en los marcos críticos de los modelos matemáticos propuestos dando como resultado los siguientes diagramas de momentos:

**Figura 78. Diagrama de momentos (Ton\*m) en vigas, eje Y, centro de acopio**



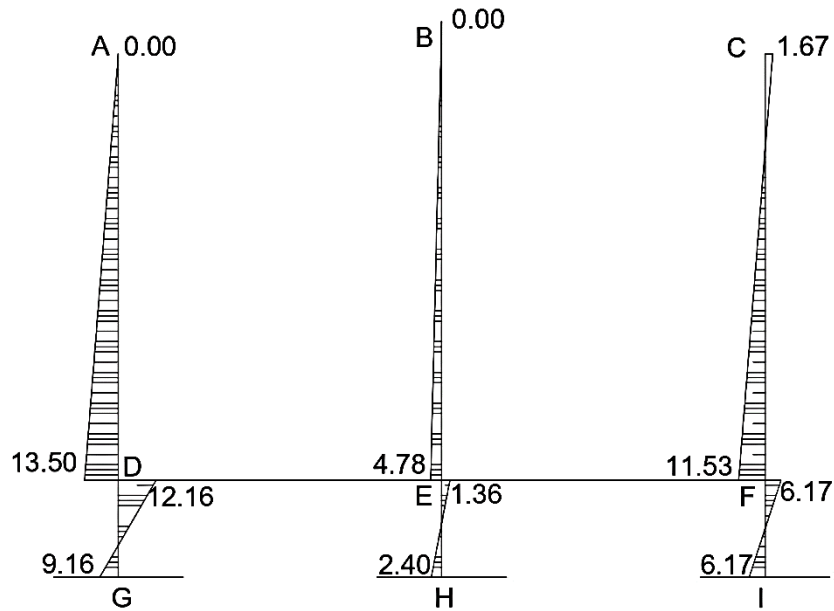
Fuente: elaboración propia

**Figura 79. Diagrama de momentos (Ton\*m) en vigas, eje X centro de acopio**



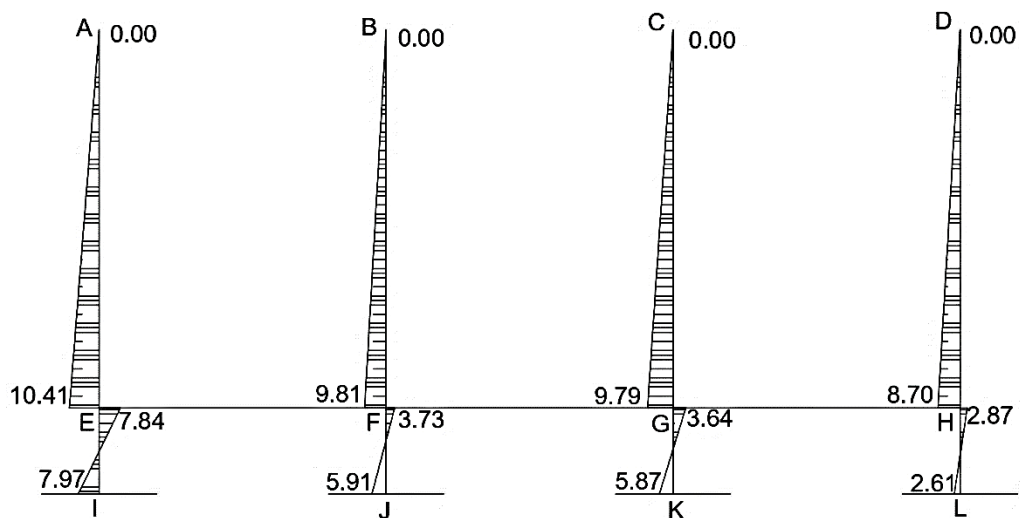
Fuente: elaboración propia

**Figura 80. Diagrama de momentos (Ton\*m) en columnas, eje Y centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

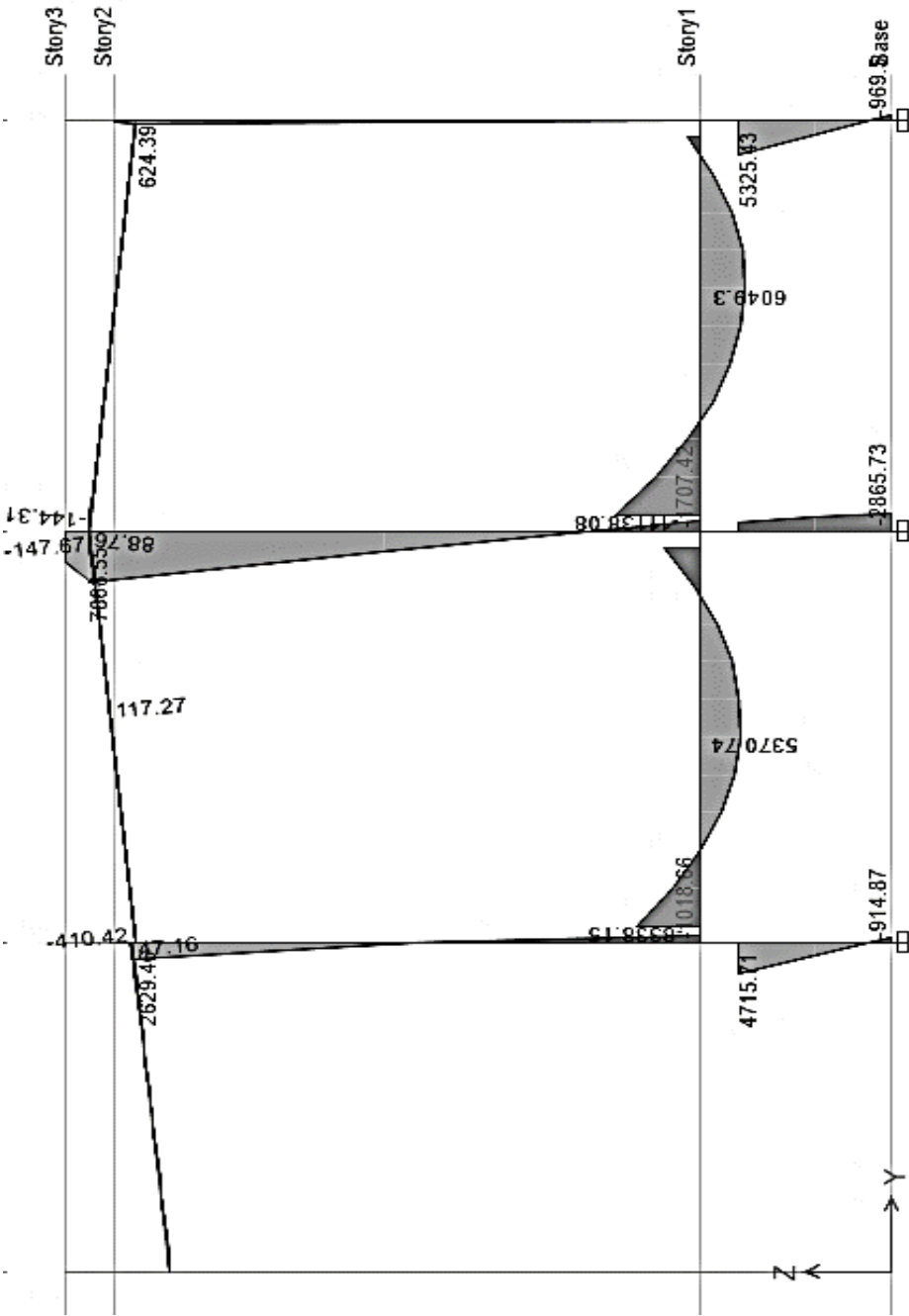
**Figura 81. Diagrama de momentos (Ton\*m) en columnas, eje X centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

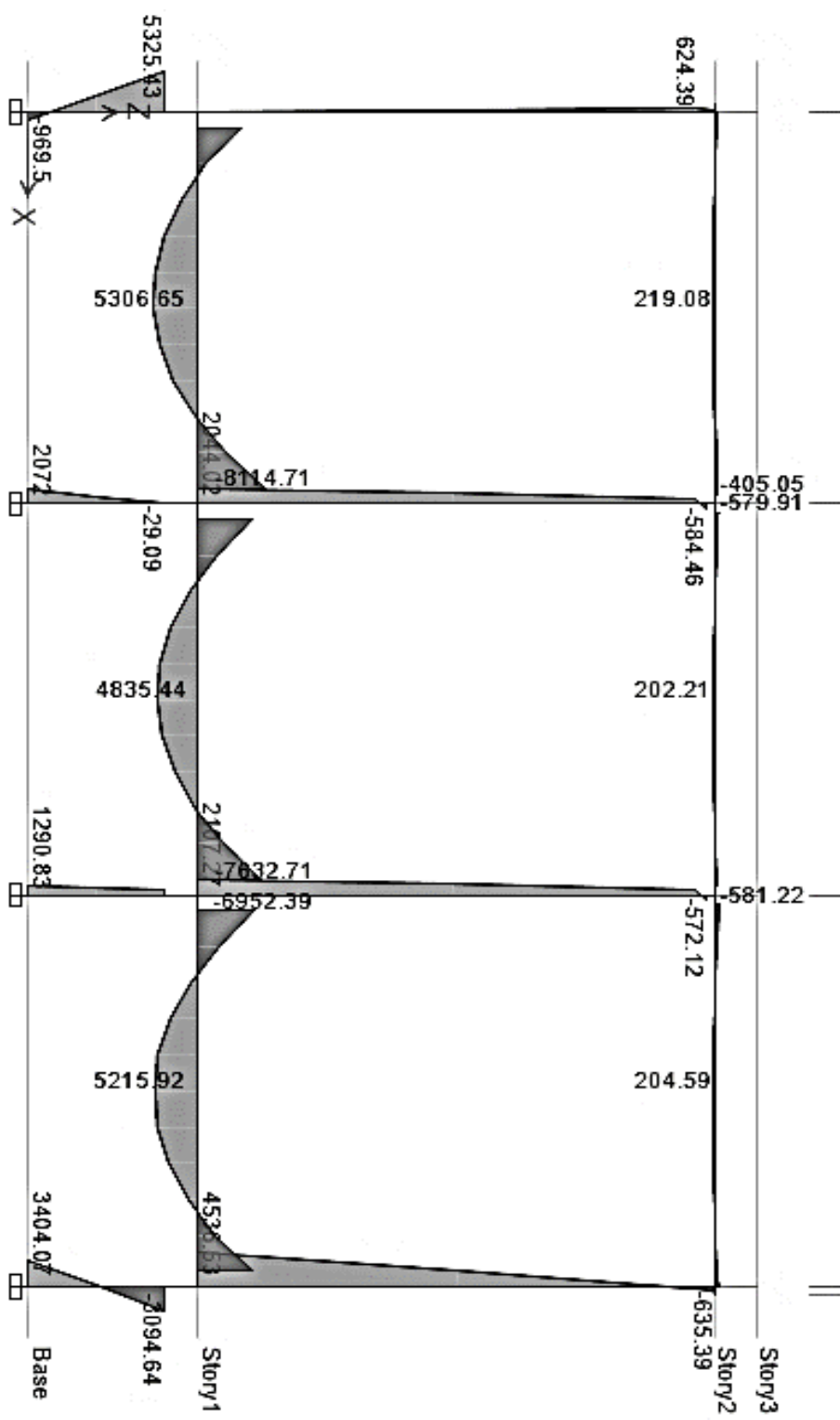
- Modelos matemáticos de los momentos en la estructura dados por el software Etabs.

Figura 82. Momentos ( $\text{kg}^*\text{m}$ ) de Etabs en vigas y columnas, sentido Y centro de acopio



Fuente: elaboración propia

Figura 83. Momentos ( $\text{kg}^*\text{m}$ ) de Etabs en vigas y columnas, sentido X centro de acopio



Fuente: elaboración propia

### 3.5. Diagramas de corte y momento

Los cortes en los marcos, se calcularon con las fórmulas siguientes:

Corte en vigas:

$$V_v = 0.75 * \left[ \frac{1.2 * W_{cm} * L}{2} + \frac{1.6 * W_{cv} * L}{2} + \frac{1.87 * \Sigma M_i}{L} \right]$$

Corte en columnas:

$$V_c = \frac{\Sigma M_{col}}{L}$$

Eje Y

$$V_{de} = 0.75 * \left[ \frac{1.2 * 2,593.80 * 5.00}{2} + \frac{1.6 * 0 * 5.00}{2} + \frac{1.87 * (4.03 + (-7.93))}{5.00} \right] = 5,834.96 \text{ kg}$$

$$V_{ef} = 0.75 * \left[ \frac{1.2 * 2,671.68 * 5.00}{2} + \frac{1.6 * 0 * 5.00}{2} + \frac{1.87 * (6.08 + (-7.44))}{5.00} \right] = 6,010.90 \text{ kg}$$

Columnas se determinaron mediante el ejemplo siguiente:

$$V_{ad} = \frac{-1.07 + (-20.84)}{3} = -7.30 \text{ Ton}$$

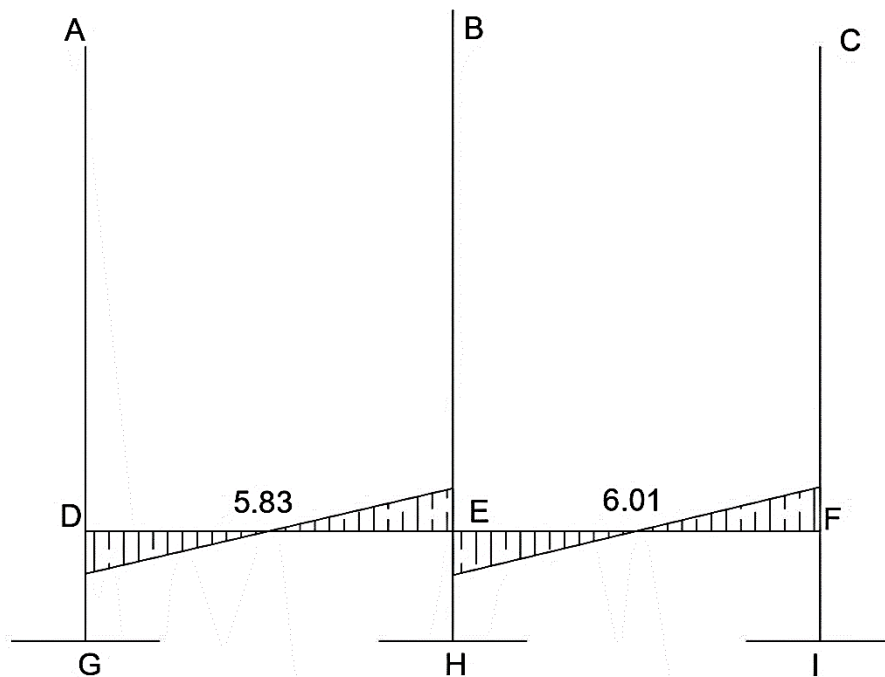
**Tabla 85. Fuerza de corte en columnas (Ton)**

|            |       |
|------------|-------|
| $V_{be} =$ | -4.88 |
| $V_{cf} =$ | -8.62 |
| $V_{dg} =$ | -8.26 |
| $V_{eh} =$ | -1.67 |
| $V_{fi} =$ | -1.64 |

Fuente: elaboración propia

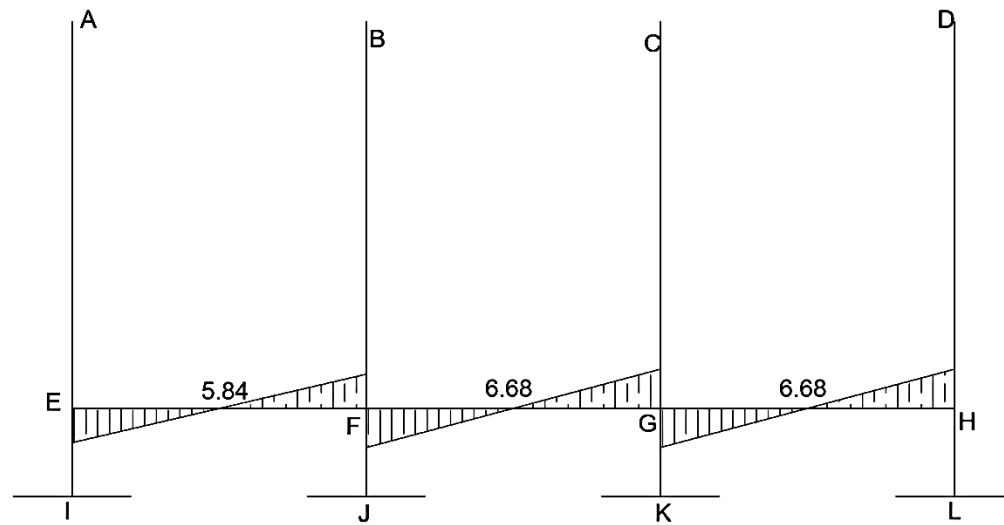
Este procedimiento se realizó en los siguientes marcos dando como resultado los siguientes diagramas de corte:

**Figura 84. Diagrama de corte en vigas, eje Y (momentos en Ton\*m)  
centro de acopio**



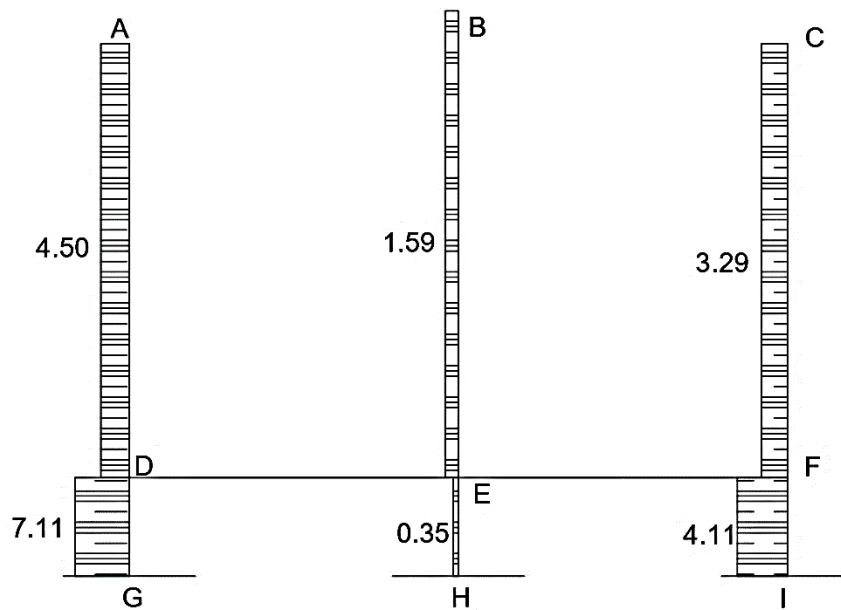
Fuente: elaboración propia

**Figura 85. Diagrama de corte en vigas, eje X (momentos en Ton\*m)  
centro de acopio**



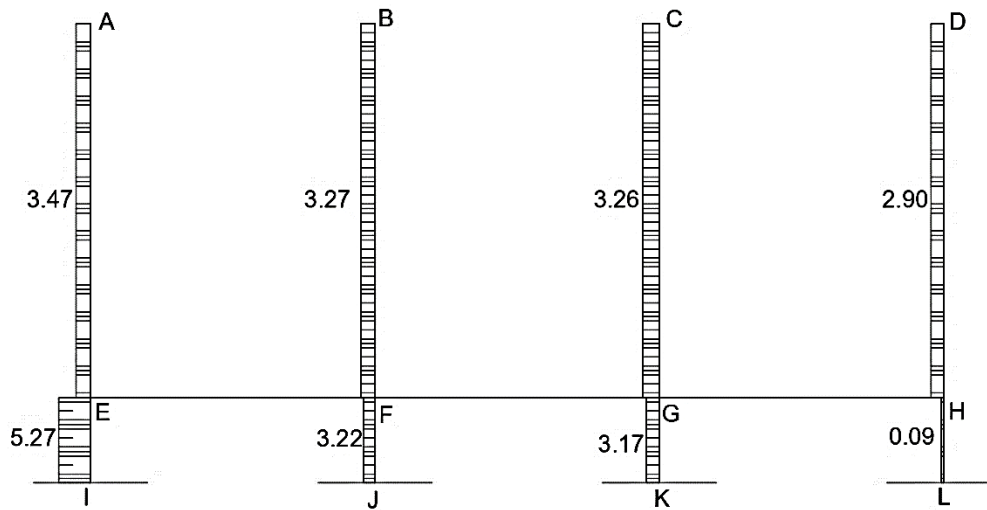
Fuente: elaboración propia

**Figura 86. Diagrama de corte en columnas, eje Y (momentos en Ton\*m)  
centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

**Figura 87. Diagrama de corte en columnas eje X (momentos Ton\*m)  
centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

### 3.6. Diseño estructural

Conjunto de actividades a desarrollar para determinar las características físicas de una estructura, de tal manera que nos permita garantizar la absorción de las cargas a las que esta va estar sujeta en las diferentes etapas de vida útil, sin sufrir daño alguno; es decir, la función adecuada de una estructura en condiciones de servicio (Segura, 2003, p. 2).

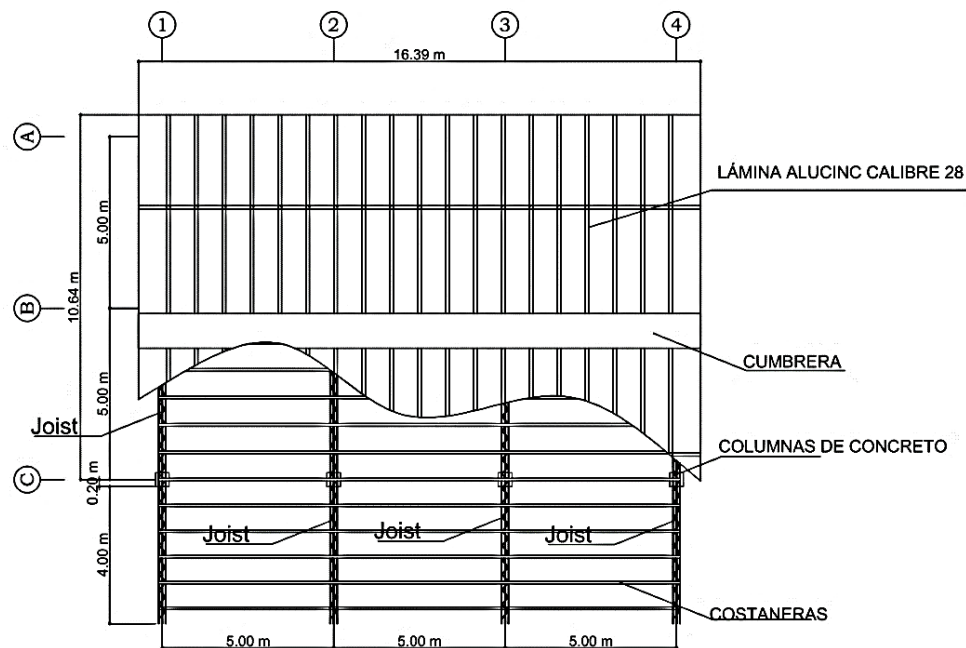
Para el diseño estructural de esta edificación se tomaron en cuenta lo siguiente:

### 3.6.1. Diseño de techo

Para el diseño del techo es importante que se tomen en cuenta todas las cargas que se ejercen sobre la estructura, ya que de esto depende en gran medida el éxito en el diseño de los elementos estructurales. Las cargas que se tomaron en cuenta para el diseño de la cubierta son en base a datos proporcionados por especificaciones técnicas del fabricante, por observación directa y experiencias reales.

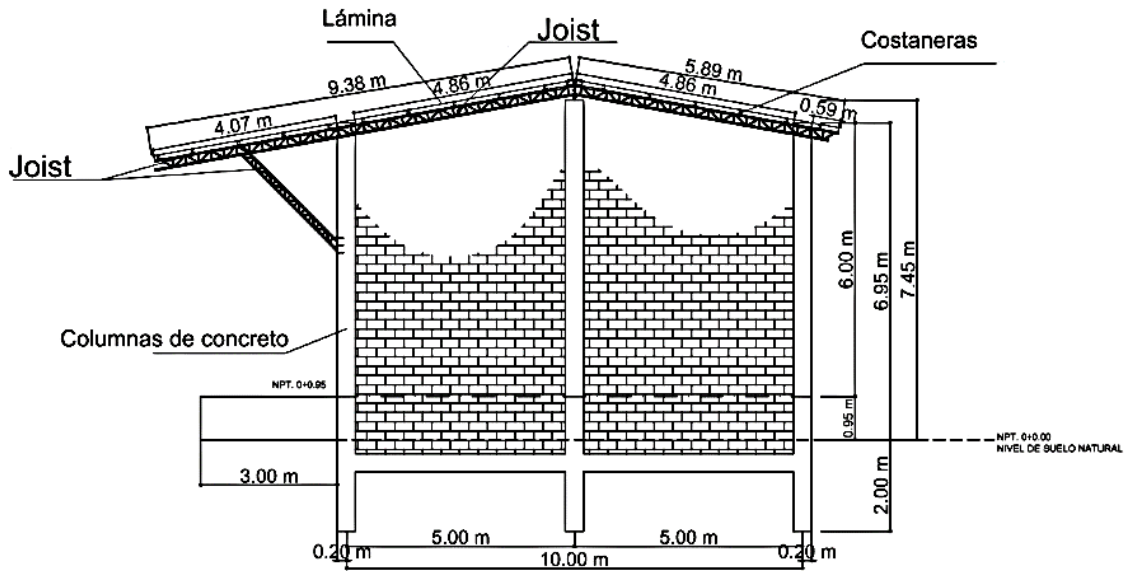
Una estructura de acero puede ser liviana y práctica, en el sentido que el tiempo de ejecución es corto y su ensamble bastante rápido. Existe diversidad de perfiles para la construcción de estructuras en las que las dimensiones y designaciones de los perfiles estándar están definidas en las normas AISC.

**Figura 88. Detalle de techo**



Fuente: elaboración propia

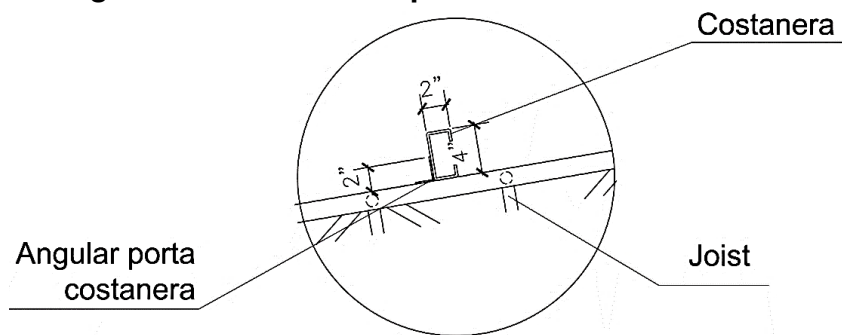
**Figura 89. Elevación de bodega para detalle de techo**



Fuente: elaboración propia

- **Diseño de costaneras**

**Figura 90. Sección típica de costanera**



Fuente: elaboración propia

Para este proyecto se seleccionó una cubierta de lámina galvanizada, ya que este tipo de cubierta es resistente a los factores climáticos y es

un material fácil de obtener y práctico de instalar. Para fines teóricos y de este proyecto, se utilizó una lámina de 10 pies de largo y 3 pies de ancho, su peso es de 1.32 lb/pie<sup>2</sup> (por especificaciones del fabricante) y el peso de las instalaciones que se encuentra en un rango de (0.5-1) lb/pie<sup>2</sup> siendo 0.5 lb/pie<sup>2</sup> el valor considerado.

La integración de cargas entonces quedó de la siguiente manera:

- Carga muerta CM:

Lámina = 1.32 lb/pie<sup>2</sup>

Instalaciones = 0.5 lb/pie<sup>2</sup>

$$CM = 1.32 + 0.5 = 1.82 \text{ lb/pie}^2$$

- Carga viva CV:

Techo poco accesible = 12 lb/pie<sup>2</sup>

- Carga de viento  $C_{viento}$ :

$$C_{viento} = 0.002558 * V_e^2$$

Donde:

$V_e$  = Velocidad del viento en Candelaria de la Frontera = 10.75 millas/h, dato proporcionado por página de Weather Spark, s.f. recuperado de: [https://es.weatherspak.com/y/12331/Clima\\*promedio-en-Candelaria-de-La-Frontera-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o](https://es.weatherspak.com/y/12331/Clima*promedio-en-Candelaria-de-La-Frontera-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o).

$$C_{viento} = 0.002558 * 10.75^2 = 0.29572 \text{ lb/pie}^2$$

- Combinación de cargas

$$CM + CV = 1.82 + 12 = 13.82 \text{ lb/pie}^2$$

$$CM + C_{viento} = 1.82 + 0.29572 = 2.12 \text{ lb/pie}^2$$

$$CM + 0.75CV + 0.75C_{viento} = 1.82 + 0.75*12 + 0.75*0.29572$$

$$CM + 0.75CV + 0.75C_{viento} = 11.04 \text{ lb/pie}^2$$

Con los datos anteriores, se realizó el análisis de la costanera tomando la combinación crítica que es la tercera.

$$W = at * Cu + P_{p_{cost}}$$

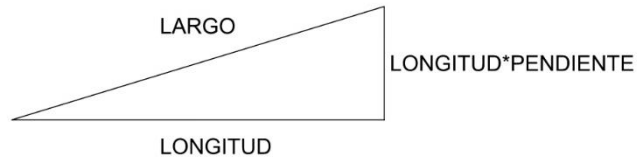
Donde:

At = Área tributaria

At mínimo = 0.5 m<sup>2</sup>, At máximo = 1.50 m<sup>2</sup>, estos valores como máximo o mínimo son de acuerdo a la referencia de la distancia del paso que un ser humano puede dar sin ningún problema.

Para saber el peso propio de las costaneras,  $P_{p_{cost}}$ , se realizó el siguiente cálculo:

**Figura 91. Relación longitud-largo-pendiente**



Fuente: elaboración propia

$$\#costaneras = \text{Hip}/\text{At}$$

Donde:

$$\text{Hip} = \sqrt{(\text{Longitud} * \text{pendiente})^2 + (\text{longitud})^2}$$

$$\text{At} = 1.20$$

$$\text{pendiente} = 17\%$$

$$\text{Longitud} = 4.90 \text{ m} = \text{Longitud de apoyo}$$

$$\#costaneras_1 = \frac{\sqrt{(4.90 * 0.17)^2 + (4.90)^2}}{1.20} = 4.54$$

$$\#costaneras_2 = \frac{\sqrt{(4.04 * 0.17)^2 + (4.04)^2}}{1.20} = 3.74$$

El peso propio de una costanera tipo C de 4"x2"x1.80 mm es de 1.953 lb/pie.

$$\text{At} = \frac{\sqrt{(4.90 * 0.17)^2 + (4.90)^2}}{5} = 0.99$$

Carga distribuida de las costaneras:

$$W_1 = 0.99 * 3.28 * 13.82 + 1.953 = 47.01 \text{ lb/pie}$$

$$W_2 = 0.81 * 3.28 * 13.82 + 1.953 = 39.10 \text{ lb/pie}$$

El momento máximo ejercido por las costaneras se hizo considerando la longitud de  $L = 5 \text{ m}$  en el primer tramo y  $L = 4 \text{ m}$  en el segundo tramo.

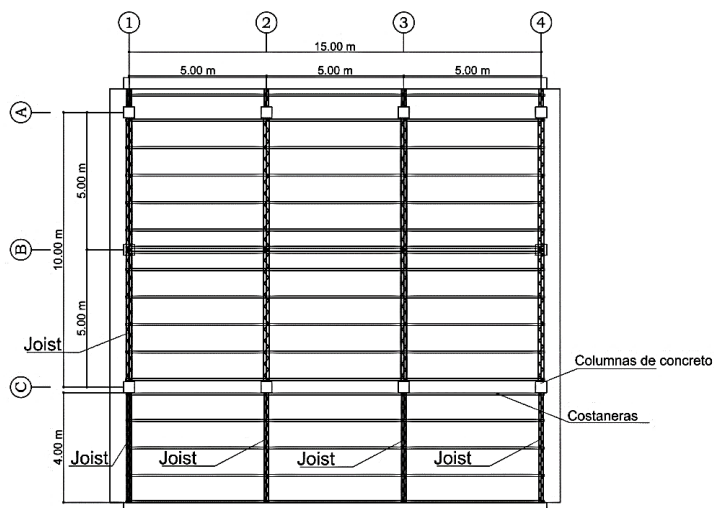
$$M_{\text{máx}} = \frac{WL^2}{8}$$

$$M_{\text{máx1}} = \frac{47.01 * (5 * 3.28)^2}{8} = 1,580.59 \text{ lb-pie}$$

$$M_{\text{máx2}} = \frac{39.10 * (5 * 3.28)^2}{8} = 841.41 \text{ lb-pie}$$

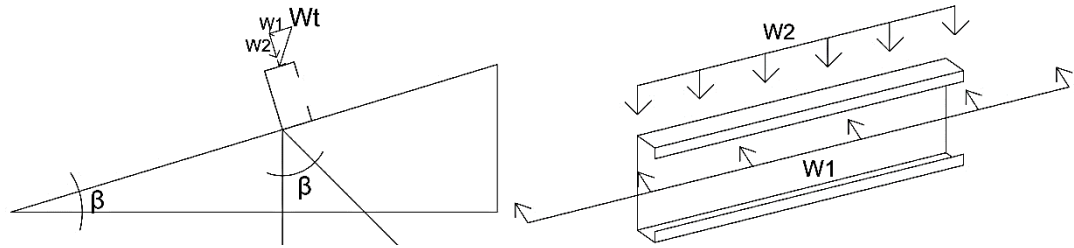
Dependiendo del eje afectado la carga actúa en dirección de la pendiente de la viga ( $\beta$ ).

**Figura 92. Planta techo de dos aguas**



Fuente: elaboración propia

**Figura 93. Forma de trabajar las cargas en cada eje**



Fuente: elaboración propia

$$\beta = \text{tg}^{-1}(\text{pendiente}) = \text{tg}^{-1}(0.17) = 9.65^{\circ}$$

$$W_x = W * \text{sen}(\beta) = 12.73 \text{ lb/pie}$$

$$W_y = W \cos(\beta) = 74.91 \text{ lb/pie}$$

$$W_{x1} = W * \text{sen}(\beta) = 7.88 \text{ lb/pie}$$

$$W_{x2} = W * \text{sen}(\beta) = 6.55 \text{ lb/pie}$$

$$W_{y1} = W * \cos(\beta) = 46.35 \text{ lb/pie}$$

$$W_{y2} = W * \cos(\beta) = 38.55 \text{ lb/pie}$$

El eje crítico en este caso es en Y por la carga distribuida sobre el mismo. Momento de diseño en eje crítico:

$$W_{DY} = \frac{W_y * L^2}{8}$$

$$W_{DY1} = \frac{46.35 * 5 * 3.28^2}{8} = 1,558.23 \text{ lb-pie}$$

$$W_{DY2} = \frac{38.55 * 5 * 3.28^2}{8} = 829.51 \text{ lb-pie}$$

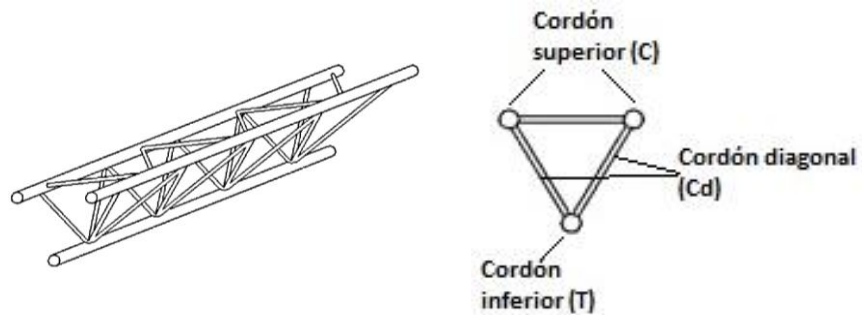
$$M_{\text{DISEÑO RESISTENTE}} > M_{\text{DY CALCULADO}}$$

Utilizar costaneras de 2" x 4" x 1/16" @ 1.00 m y utilizar porta costanera de angular de 2" x 2" x 1/8" en cada costanera y ambos tramos.

- **Diseño de viga joist**

Se diseñan vigas joist para economizar acero cuando hay una predominancia de la flexión sobre el fuerza cortante; existen varios tipos como el zigzag, soldado alternativamente al ala superior e inferior; el formado por la unión de cuatro perfiles y un redondo, etc. Las vigas joist se diseñan por medio del método LRFD, Load and Resistance Factor Fesign, en español se traduce a: Diseño por Factores de carga y Resistencia, que se utiliza para el diseño de estructuras de acero en el cual las cargas de diseño se aumentan y las resistencias de diseño se disminuyen multiplicando por factores mayores y menores que la unidad, respectivamente (Quispe, 2015, p.1).

**Figura 94. Viga joist tridimensional**



Fuente: elaboración propia

Datos:

$$L_1 = 5.02 \text{ m}$$

$$L_2 = 4.07 \text{ m}$$

$$P_{\text{costaneras}} = 1.953 \text{ lb/pie}$$

$$P_{\text{lámina}} = 3.96 \text{ kg/m}$$

tramo1 = 6 costaneras y 44 láminas

tramo2 = 5 costaneras y 22 láminas

$$W_{\text{instalaciones}} = 1 \text{ lb/pie}^2$$

En los dos tramos se utilizará costaneras de 2" x 4" x 1/16"

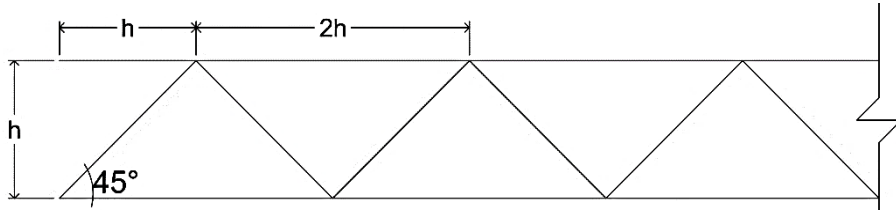
Predimensionamiento

$$h_{\text{viga}} = \frac{L}{20}$$

$$h_1 = \frac{5.02}{20} = 0.25 \text{ m} = 9.88 \text{ pulg}$$

$$h_2 = \frac{4.07}{20} = 0.20 \text{ m} = 8.00 \text{ pulg}$$

**Figura 95. Relación de triángulos para ancho tributario**



Fuente: elaboración propia

Se procede a la integración de cargas

La carga muerta del elemento se determina de la siguiente manera:

$$CM = W_{\text{costaneras}} + W_{\text{lámina}} + W_{\text{instalaciones}} + W_{\text{pp}}$$

Donde:

$$W_{\text{costaneras1}} = 1.953 \text{ lb/pie} * 6 \text{ costaneras} = 11.72 \text{ lb/pie}$$

$$W_{\text{costaneras2}} = 1.953 \text{ lb/pie} * 5 \text{ costaneras} = 9.77 \text{ lb/pie}$$

$$W_{\text{lámina1}} = 3.96 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 44 \text{ láminas} * \frac{2.2 \text{ lb/kg}}{39.37 \text{ pulg/m}} = 9.74 \text{ lb/pulg}$$

$$W_{\text{lámina2}} = 3.96 \text{ kg/m} * 22 \text{ láminas} * \frac{2.2 \text{ lb/kg}}{39.37 \text{ pulg/m}} = 4.87 \text{ lb/pulg}$$

$$W_{\text{instalaciones}} = 1 \text{ lb/pie}^2 * \frac{5.02 \text{ m} * 3.28}{12} = 1.37 \text{ lb/pulg}$$

$$W_{\text{pp}} = \text{peso propio (10 - 50) lb/pie} = \frac{20 \text{ lb/pie}}{12} = 1.67 \text{ lb/pulg}$$

$$CM_1 = 11.72 + 9.74 + 1.37 + 1.67 = 24.49 \text{ lb/pulg}$$

$$CM_2 = 9.77 + 4.87 + 1.37 + 1.67 = 17.67 \text{ lb/pulg}$$

La carga viva aplicada al elemento según el código AGIES/IBC se puede asumir un valor de 12 lb/pie².

$$CV = 12 \text{ lb/pie}^2 * \frac{5.02 * 3.28}{12} = 16.47 \text{ lb/pulg}$$

La carga de viento es la misma que se calculó en el diseño de costaneras

$$Cv = 0.295 \text{ lb/pie}^2 * \frac{5.02 * 3.28}{12} = 0.41 \text{ lb/pulg}$$

Factores de carga del método LRFD

$$CU_1 = 1.4CM$$

$$CU_2 = 1.2CM + 1.6CV$$

$$CU_3 = 1.2CM$$

$$CU_4 = 1.2 * CM + 1.3C_{\text{viento}} + 0.5CV$$

$$CU_5 = 0.9CM - 1.3C_{\text{viento}}$$

### Tramo 1

$$1.4 * 24.49 = 34.29 \text{ lb/pulg}$$

$$1.2 * 24.49 + 1.6 * 16.47 = 55.74 \text{ lb/pulg}$$

$$1.2 * 24.49 = 29.39 \text{ lb/pulg}$$

$$1.2 * 24.49 + 1.3 * 0.41 + 0.5 * 16.47 = 38.15 \text{ lb/pulg}$$

$$0.9 * 24.49 - 1.3 * 0.41 = 21.52 \text{ lb/pulg}$$

### Tramo 2

$$1.4 * 17.67 = 24.71 \text{ lb/pulg}$$

$$1.2 * 17.67 + 1.6 * 16.47 = 47.55 \text{ lb/pulg}$$

$$1.2 * 17.67 = 21.21 \text{ lb/pulg}$$

$$1.2 * 17.67 + 1.3 * 0.41 + 0.5 * 16.47 = 29.97 \text{ lb/pulg}$$

$$0.9 * 17.67 - 1.3 * 0.41 = 15.38 \text{ lb/pulg}$$

$$W_1 = 55.74 \text{ lb/pulg}$$

$$W_2 = 47.55 \text{ lb/pulg}$$

Siendo  $W_1$  la carga crítica para el diseño de los elementos de concreto reforzado,  $W_{techo} = 198.69 \text{ kg/m}^2$ .

#### ○ **Momento flector**

$$M = \frac{WL^2}{8}$$

Donde:

$$L_1 = 197.64 \text{ pulg}$$

$$L_2 = 160.24 \text{ pulg}$$

$$M_1 = \frac{55.74 \text{ lb/pulg} * 197.64^2 \text{ pulg}^2}{8} = 272.139 \text{ kips*pulg}$$

$$M_2 = \frac{47.55 \text{ lb/pulg} * 160.24^2 \text{ pulg}^2}{8} = 152.614 \text{ kips*pulg}$$

○ **Tensión y compresión máxima**

$$T = C = \frac{M}{h}$$

$$T_1 = \frac{272.139 \text{ kips*pulg}}{9.88 \text{ pulg}} = 27.55 \text{ kips}$$

$$T_2 = \frac{152.614 \text{ kips*pulg}}{8.00 \text{ pulg}} = 19.05 \text{ kips}$$

Por ser joist tridimensionales de triángulo invertido el cordón superior se divide entre 2, en el cual se aplicó la fuerza de compresión.

$$C_1 = \frac{27.55 \text{ kips}}{2} = 13.77 \text{ kips}$$

$$C_2 = \frac{19.05 \text{ kips}}{2} = 9.53 \text{ kips}$$

Reacciones en los apoyos

$$R = \frac{WL}{2}$$

$$R_1 = \frac{55.74 \text{ lb/pulg} * 197.64 \text{ pulg}}{2} = 5.51 \text{ kips}$$

$$R_2 = \frac{47.55 \text{ lb/pulg} * 160.24 \text{ pulg}}{2} = 3.81 \text{ kips}$$

○ **Compresión en diagonales**

$$C_d = \frac{R}{\text{sen}(45^\circ)}$$

$$C_{d1} = \frac{5.51 \text{ kips}}{\text{sen}(45^\circ)} = 7.79 \text{ kips}$$

$$C_{d2} = \frac{3.81 \text{ kips}}{\text{sen}(45^\circ)} = 5.39 \text{ kips}$$

○ **Diseño de cordón inferior**

$$A_s = \frac{T}{F_r}$$

Donde:

$$F_r = 0.75 * F_y$$

$$F_y = 36 \text{ ksi}$$

$$A_{s1} = \frac{27.55}{0.75 * 36} = 1.02 \text{ pulg}^2$$

$$A_{s2} = \frac{19.05}{0.75 * 36} = 0.71 \text{ pulg}^2$$

Cordón inferior propuesto

Cordón inferior 1 = Tubo redondo de 2 pulgadas

$$A_s = 1.07 \text{ pulg}^2 > 1.02 \text{ pulg}^2 \text{ -► OK}$$

Cordón inferior 2 = Tubo redondo de 1.1/2 pulgadas

$$A_s = 0.799 \text{ pulg}^2 > 0.71 \text{ pulg}^2 \text{ -► OK}$$

○ **Diseño de cordón diagonal**

$$L_d = \frac{h}{\text{sen}(45^\circ)}$$

Donde:

$L_d$  = Longitud de diagonal

$$L_{d1} = \frac{9.88 \text{ pulg}}{\text{sen}(45^\circ)} = 13.97 \text{ pulg}$$

$$L_{d2} = \frac{8.00 \text{ pulg}}{\text{sen}(45^\circ)} = 11.33 \text{ pulg}$$

Al igual que el cordón superior, el cordón de diagonales y la compresión del mismo se divide entre dos para completar el triángulo.

$$C_{d1} = 3.90 \text{ kips}$$

$$C_{d2} = 2.69 \text{ kips}$$

Tramo 1: Tubo redondo de ½ pulg,  $A_s = 0.25 \text{ pulg}^2$

$$\text{Diámetro} = 0.84 \text{ pulg}$$

$$r = 0.25 \cdot \text{diámetro} = 0.261$$

Tramo 2: Tubo redondo de ½ pulg,  $A_s = 0.25 \text{ pulg}^2$

Diámetro = 0.84 pulg

$r = 0.25 \cdot \text{diámetro} = 0.261$

Esbeltez del elemento:

$$\frac{KL}{r} = \frac{KL}{r}_1 = \frac{1 \cdot 13.97 \text{ pulg}}{0.261} = 53.53 \text{ Fa} \rightarrow 17.99 \text{ KSI}$$

Fa = esfuerzo del acero según su esbeltez de tabla 1-36, AISC  
05 (anexo G),  $F_y = 36 \text{ KSI}$ , miembros secundarios

$$\frac{KL}{r}_2 = \frac{1 \cdot 11.33 \text{ pulg}}{0.261} = 43.40 \text{ Fa} \rightarrow 18.95 \text{ KSI}$$

Fa = esfuerzo del acero según su esbeltez de tabla 1-36, AISC  
05 (anexo G),  $F_y = 36 \text{ KSI}$ , miembros secundarios

$$A_{s1} = \frac{C_d}{F_a} = \frac{3.89 \text{ kips}}{17.99 \text{ KSI}} = 0.216 \text{ pulg}^2$$

$$A_{s2} = \frac{2.69 \text{ kips}}{18.95 \text{ KSI}} = 0.142 \text{ pulg}^2$$

Cordón diagonal propuesto

Cordón diagonal 1 = Tubo redondo de ½ pulgada

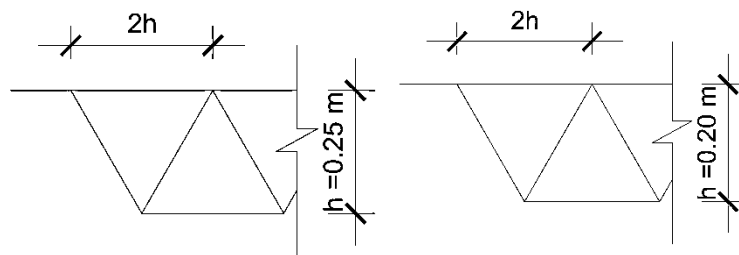
$A_s = 0.25 \text{ pulg}^2 > 0.216 \text{ pulg}^2 \rightarrow \text{OK}$

Cordón diagonal 2 = Tubo redondo de  $\frac{1}{2}$  pulgada

$$A_s = 0.25 \text{ pulg}^2 > 0.216 \text{ pulg}^2 \rightarrow \text{OK}$$

○ **Diseño de cordón superior**

**Figura 96. Sección cordón superior**



Fuente: elaboración propia

$$2h_1 = 2 * 9.88 \text{ pulg} = 19.76 \text{ pulg}$$

$$2h_2 = 2 * 8.00 \text{ pulg} = 16.02 \text{ pulg}$$

$$C_1 = 13.77 \text{ pulg}$$

$$C_2 = 9.53 \text{ pulg}$$

Tramo 1: tubo redondo de 1.1/2 pulg,  $A_s = 0.799 \text{ pulg}^2$ .

Diámetro = 1.90 pulg

$$r = 0.25 * \text{diámetro} = 0.623$$

Tramo 2: tubo redondo de 1 pulg,  $A_s = 0.494 \text{ pulg}^2$ .

Diámetro = 1.315 pulg

$$r = 0.25 * \text{diámetro} = 0.421$$

Esbeltez del elemento:

$$\frac{KL}{r}_1 = \frac{1 * 19.76 \text{ pulg}}{0.623} = 31.715 \text{ Fa} \rightarrow 19.80 \text{ KSI}$$

Fa = esfuerzo del acero según su esbeltez de tabla 1-36, AISC 05 (anexo G), Fy = 36 KSI, miembros secundarios

$$\frac{KL}{r}_2 = \frac{1 * 16.02 \text{ pulg}}{0.421} = 38.05 \text{ Fa} \rightarrow 19.35 \text{ KSI}$$

Fa = esfuerzo del acero según su esbeltez de tabla 1-36, AISC 05 (anexo G), Fy = 36 KSI, miembros secundarios

$$As_1 = \frac{C}{Fa} = \frac{13.77 \text{ kips}}{19.35 \text{ KSI}} = 0.696 \text{ pulg}^2$$

$$As_2 = \frac{9.53 \text{ kips}}{19.35 \text{ KSI}} = 0.492 \text{ pulg}^2$$

Cordón diagonal propuesto

Cordón superior 1 = Tubo redondo de 1.1/2 pulgadas

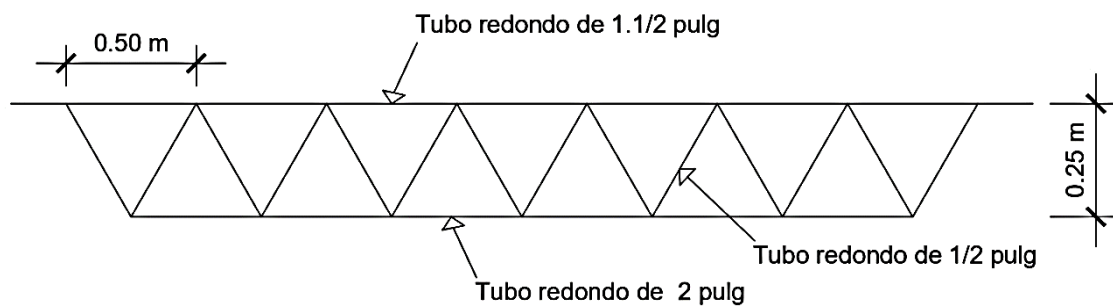
$$As = 0.799 \text{ pulg}^2 > 0.696 \text{ pulg}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Cordón diagonal 2 = Tubo redondo de 1 pulgada

$$As = 0.494 \text{ pulg}^2 > 0.492 \text{ pulg}^2 \rightarrow \text{OK}$$

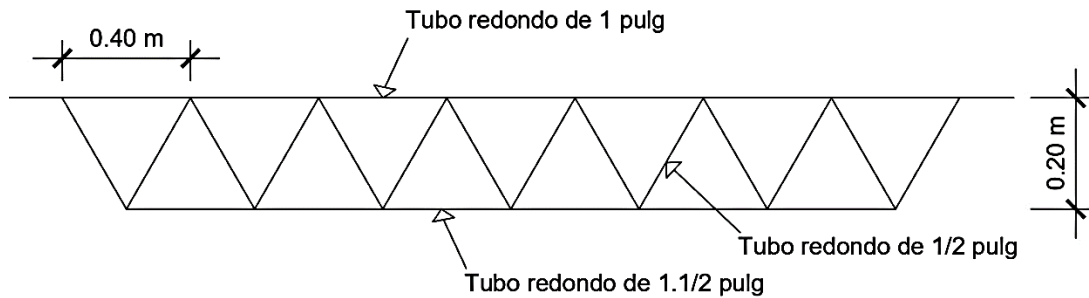
La cubierta de la bodega es de lámina aluminio-zinc de 10 pies de largo y 3 pies de ancho, la cual está sobre costaneras de 2" x 4" x 1/16" y vigas joist, detallados como muestran las figuras siguientes.

**Figura 97. Armado final de joist del tramo 1**



Fuente: elaboración propia

**Figura 98. Armado final de joist del tramo 2**



Fuente: elaboración propia

### 3.6.2. Diseño de vigas

Se diseñaron las vigas de amarre para las columnas y disminuir la oscilación de las mismas. Debido a que todas las dimensiones son iguales se realizó un solo diseño y los datos necesarios son los siguientes:

Datos:

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

Sección de 15 \* 30 cm

$$\epsilon_s = 2.1 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{(-)1} = 6,211.34 \text{ kg*m} \rightarrow (\text{figura 79})$$

$$M_{(-)2} = 8,289.43 \text{ kg*m} \rightarrow (\text{figura 79})$$

$$M_{(+)} = 7,223.11 \text{ kg*m} \rightarrow (\text{figura 79})$$

$$V_u = 6,675.44 \text{ kg} \rightarrow (\text{figura 85})$$

$$rec_{min} = 3 \text{ cm}$$

$$peralte (d) = h - rec_{min} = 30 - 3 = 27 \text{ cm}$$

#### 3.6.2.1. Acero mínimo

Se consideró que el acero mínimo no excede al esfuerzo a flexión en la viga, si en caso las vigas necesitan un refuerzo menor al mínimo se debe reducir la sección de la viga propuesta.

$$A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

Donde:

$$\rho_{min} = \frac{14.1}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14.1}{4200} * 15 * 27 = 1.36 \text{ cm}^2$$

### 3.6.2.2. Acero máximo

Si las secciones demandan un refuerzo mayor al  $A_{s\text{máx}}$ , es necesario rediseñar los elementos, para que sean capaces de resistir las cargas actuantes.

$$A_{s\text{max}} = \rho_{\text{bal}} * b * d * 50\%$$

Donde:

$$\rho_{\text{bal}} = \left( \frac{0.85 * f'_c * \beta}{f_y} \right) * \left( \frac{6115}{6115 + f_y} \right)$$

$$\beta = 0.85$$

$$\rho_{\text{bal}} = \left( \frac{0.85 * 281 * 0.85}{4,200} \right) * \left( \frac{6115}{6115 + 2810} \right) = 0.02866$$

$$A_{s\text{max}} = 0.02866 * 15 * 27 * 0.50 = 5.80 \text{ cm}^2$$

### 3.6.2.3. Acero requerido

Se calculó en cada momento de la viga con la siguiente ecuación:

$$A_{s\text{req}} = \left( b*d - \sqrt{(b*d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right) * 0.85 * \frac{f'_c}{f_y}$$

Donde:

$M_u$  = Momento último (kg\*m)

$A_{s\text{req}}$  = Área de acero requerida por elemento

$A_s$  para  $M_{(-)1} = 6,211.34 \text{ kg*m}$

$$A_{S_{req}} = \left( (15 * 27) - \sqrt{(15 * 27)^2 - \frac{6,211.34 * 15}{0.003825 * 281}} \right) * 0.85 * \frac{281}{4200} = 7.22 \text{ cm}^2$$

$A_s$  para  $M_{(-)2} = 8,289.43 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$$A_{S_{req}} = \left( (15 * 27) - \sqrt{(15 * 27)^2 - \frac{8,289.43 * 15}{0.003825 * 281}} \right) * 0.85 * \frac{281}{4200} = 10.53 \text{ cm}^2$$

$A_s$  para  $M_{(+)} = 7,223.11 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$$A_{S_{req}} = \left( (15 * 27) - \sqrt{(15 * 27)^2 - \frac{7,223.11 * 15}{0.003825 * 281}} \right) * 0.85 * \frac{281}{4200} = 8.73 \text{ cm}^2$$

#### 3.6.2.4. Propuesta de armado

Para el armado final de la viga, se deben cumplir con los siguientes requisitos sísmicos, según el código ACI-318, 2008, Cap. 21:

En el refuerzo de la cama superior al centro se debe colocar como mínimo dos varillas o más corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_s$  mínimo o 33% del  $A_s$  mayor calculado para el momento negativo.

El refuerzo en la cama inferior en los apoyos se debe colocar, como mínimo, dos varillas o más de acero corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:  $A_{smin}$ ; 50% del  $A_s$  mayor calculado para el momento positivo; 50% del  $A_s$  calculado para el momento negativo.

- Cama superior:

$$A_{smin} = 1.36 \text{ cm}^2$$

$$33\% A_s(-)_{mayor} = 0.33 * 10.53 = 3.47 \text{ cm}^2$$

Se usa 3.47 cm<sup>2</sup> que se cumple con 2 #5 y hace un total de 3.98 cm<sup>2</sup>.

La diferencia entre el  $A_s$  requerido menos el  $A_s$  corrido propuesto, se complementa con bastones.

El resultado de la diferencia:  $3.47 - 3.98 = 0.51 \text{ cm}^2$  se cumple con 1 bastón número 3, pero la separación entre varillas no cumple con la separación mínima que el ACI recomienda por el agregado, por lo que se propuso aumentar la sección de la viga.

Por lo tanto, los resultados de una viga de 0.20\*0.40m son los siguientes:

$$A_{smin} = \frac{14.1}{4200} * 20 * 37 = 2.48 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0.02866 * 20 * 37 * 0.50 = 10.60 \text{ cm}^2$$

$$A_{sreq1} = 4.70 \text{ cm}^2$$

$$A_{sreq2} = 6.42 \text{ cm}^2$$

$$A_{sreq3} = 5.53 \text{ cm}^2$$

- Cama superior:

$$A_{smin} = 2.48 \text{ cm}^2$$

$$33\% A_{s(-)mayor} = 0.33 * 6.42 = 2.12 \text{ cm}^2$$

Se usa 2.48 cm<sup>2</sup> que se cumple con 2 #4 y hace un total de 2.54 cm<sup>2</sup>.

La diferencia entre 2.48 cm<sup>2</sup> y 2.54cm<sup>2</sup> es de 0.06 cm<sup>2</sup> que se complementa con 1 varillas número 3 y área de 0.71 cm<sup>2</sup>.

El armado final de la cama superior de la viga es de: 2 varillas #4 + 1 varillas #3.

- Cama inferior:

$$A_{smin} = 2.48 \text{ cm}^2$$

$$50\% A_{s(+)} = 0.50 * 5.53 = 2.76 \text{ cm}^2$$

$$50\% A_{s(-)mayor} = 0.50 * 6.41 = 3.21 \text{ cm}^2$$

Se usa 3.21 cm<sup>2</sup> que se cumple con 2 #5 y hace un total de 3.98 cm<sup>2</sup>.

La diferencia entre 3.21 cm<sup>2</sup> y 3.98cm<sup>2</sup> es de 0.77 cm<sup>2</sup> que se complementa con 1 varillas número 4 y área de 1.27 cm<sup>2</sup>.

El armado final de la cama inferior de la viga es de: 2 varillas #5 + 1 varilla #4.

- Acero transversal

Los objetivos de colocar acero transversal son: por armado, manteniendo el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para contrarrestar los esfuerzos de corte, esto último en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función (Siguí, 2008, p. 61).

El procedimiento para el diseño del refuerzo de acero transversal es el siguiente:

Se determinó el corte que resiste el concreto ( $V_R$ ) con la formula

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{281} * 20 * 37 = 5,588.30 \text{ kg}$$

$$V_U = 6,675.44 \text{ kg}$$

Si de la comparación del corte que resiste el concreto  $V_R$  con el corte ultimo  $V_U$ , se obtiene  $V_R \geq V_U$ , la viga necesita estribos solo por armado; y el espaciamiento de estos es,  $S_{\max} = d/2$ , usando como mínimo varilla No. 3. Si se obtiene  $V_R \leq V_U$ , se diseñan los estribos por corte con las siguientes ecuaciones:

$$V_S = V_U - V_R \quad V_a = \frac{V_S}{b * d} \quad S = \frac{2 * A_v * f_y}{V_a * b}$$

Donde:

$V_U$  = Corte último en kg

$V_R$  = Corte que resiste el concreto en kg

$d$  = Recubrimiento en cm

b = Base de viga en cm

Av = Área de la varilla en cm<sup>2</sup>

S = Espaciamiento

En esta viga la comparación es  $V_R > V_U$  entonces se necesita refuerzo transversal (estribos) solo por armado.

Para determinar si hay confinamiento en la viga se debe tener que  $V_a > V_R$ .

$$V_a = \frac{V_u}{b * d} = \frac{6,675.44}{20 * 37} = 90,208.61 \text{ kg}$$

Comparando 90,208.61 kg > 5,588.30 kg, si debe tener confinamiento.

- Longitud de confinamiento

$$L_{\text{conf}} = 2 * h$$

$$L_{\text{conf}} = 2 * 40 = 80 \text{ cm}$$

- Separación de confinamiento

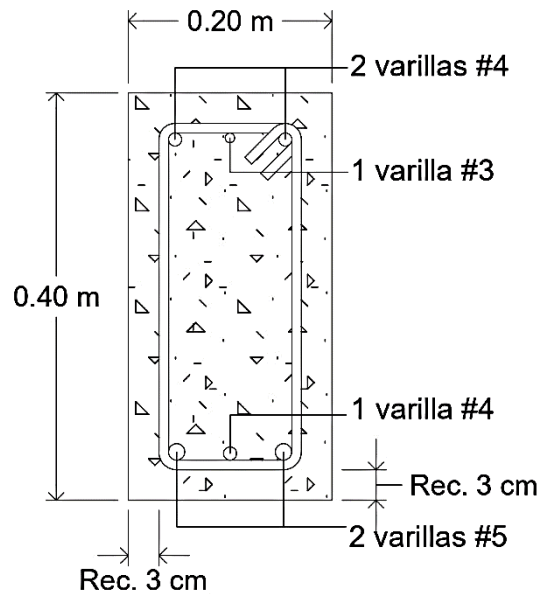
$$S_{\text{conf}} = \frac{d}{4} = \frac{37}{4} = 9.25 = 9.00 \text{ cm}$$

La separación máxima para el área no confinada se calculó.

$$S_{\text{MAX}} = \frac{d}{2} = \frac{37}{2} = 18.50 = 18.00 \text{ cm}$$

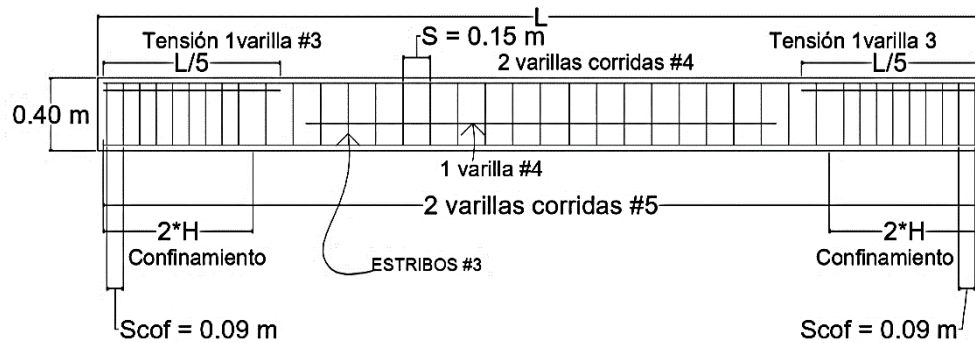
Por motivos de seguridad la separación máxima de los estribos debe ser 15cm.

**Figura 99. Propuesta de armado de viga, corte transversal centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

**Figura 100. Propuesta de armado de viga crítica, corte longitudinal centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

**Tabla 86. Refuerzo de acero para vigas en el centro de acopio**

| L     | Refuerzo longitudinal |        |      | Refuerzo transversal                                              |
|-------|-----------------------|--------|------|-------------------------------------------------------------------|
|       | Tensión               | Bastón | Riel |                                                                   |
| 5.00  | 1.00                  | 1.25   | 2.50 | Estribos No. 3 @ 0.09 m en extremos hasta 0.80m el resto @ 0.15 m |
| 10.00 | 2.00                  | 2.50   | 5.00 |                                                                   |

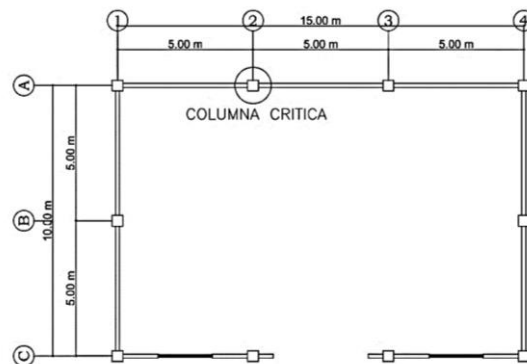
Fuente: elaboración propia

### 3.6.3. Diseño de columnas

Las columnas se definen como elementos que sostienen principalmente cargas a compresión. En general, las columnas también soportan momentos flectores con respecto a uno o a los dos ejes de la sección transversal y esta acción de flexión puede producir fuerzas de tensión sobre una parte de la sección transversal. Aun en estos casos, se hace referencia a las columnas como elementos a compresión puesto que las fuerzas de compresión dominan su comportamiento (Nilson, 2001, p. 241).

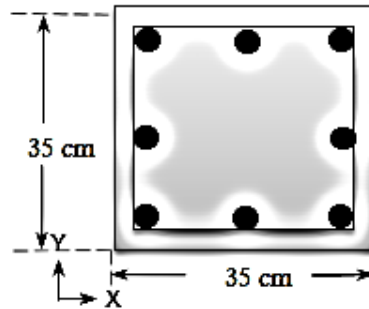
Para este caso se diseñó únicamente la columna crítica

**Figura 101. Columna crítica del centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

**Figura 102. Armado de columna propuesto, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

Datos:

$$A_g = 35 \text{ cm} * 35 \text{ cm} = 1600 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sección vigas} = 20 \text{ cm} * 40 \text{ cm}$$

$$\text{Área tributaria} = 38.26 \text{ m}^2$$

$$M_x = 10,412.55 \text{ kg*m} \rightarrow (\text{ver figura 81})$$

$$M_y = 13,493.36 \text{ kg*m} \rightarrow (\text{ver figura 80})$$

$$V_x = 5,269.53 \text{ kg} \rightarrow (\text{ver figura 87})$$

$$V_y = 7,080.32 \text{ kg} \rightarrow (\text{ver figura 86})$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$Y_c = 2400 \text{ kg/cm}^3$$

$$E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$r \text{ libre} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Tamaño máximo del agregado en el concreto} = 3/4"$$

- Factor de carga última

$$F_{cu} = \frac{CU}{CM + CV}$$

$$CMU = 1.2 * (W_{acabados} + W_{sobrecarga} + W_{techo})$$

$$CM = 70 + 60 + 198.69 = 328.69 \text{ kg/m}^2$$

$$CMU = 1.2 * (328.69) = 394.43 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1.6 * (W_{viva})$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1.6 * (100) = 160 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = CMU + CVU = 394.43 + 160 = 554.43 \text{ kg/m}^2$$

$$F_{cu} = \frac{554.43}{328.69 + 100} = 1.29$$

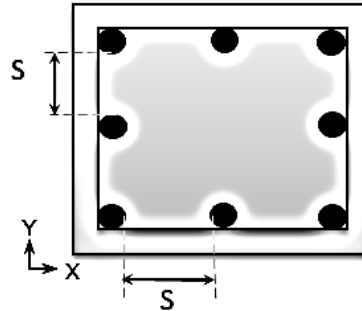
- Carga axial aplicada a la columna

$$P_u = (A_{trib} * CU) + (P * F_{cu})$$

$$P_u = (38.26 * 554.43) + (7,601.88 * 1.29) = 31,043.98 \text{ kg} = 31.04 \text{ Ton}$$

Se determinó si el recubrimiento efectivo y la separación libre entre varillas es la mínima necesaria para el diseño.

**Figura 103. Separación libre entre varillas, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

Datos:

$$\text{Recubrimiento efectivo} = \text{Recubrimiento libre} + \phi_{\text{estribo}} + \frac{\phi_{\text{varilla}}}{2}$$

$$r = 4 + 0.95 + \frac{2.86}{2} = 6.38 \text{ cm}$$

Separación libre entre varillas en ambos sentidos

$$\text{Separación} = \frac{\text{base} - 2 * (r_{\text{libre}} + \phi_{\text{estribo}}) - \# \text{varillas} * (\phi_{\text{varilla}})}{\# \text{espacios entre varillas}}$$

$$\text{Separación (x)} = \frac{35 - 2 * (4 + 0.95) - 3 * 2.86}{2} = 16.52 \text{ cm}$$

$$\text{Separación (y)} = \frac{35 - 2 * (4 + 0.95) - 3 * 2.86}{2} = 16.52 \text{ cm}$$

La separación libre entre varillas debe cumplir las siguientes condiciones:

$$\begin{array}{rcl}
 1.5 \text{ veces el diámetro de la varilla} & = & 1.5 \varnothing_v \\
 1.5 \text{ veces el tamaño máximo del agregado} & = & 1.5 \text{ T.M.A} \\
 \text{Mayor que 4 cm} & = & 4 \text{ cm}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} 1.5 \text{ veces el diámetro de la varilla} & = & 1.5 \varnothing_v \\ 1.5 \text{ veces el tamaño máximo del agregado} & = & 1.5 \text{ T.M.A} \\ \text{Mayor que 4 cm} & = & 4 \text{ cm} \end{array}} \right\} \geq S$$

Donde:

$\varnothing_v$  = diámetro de varilla

TMA = Tamaño máximo de agregado

$$1.5 * \varnothing_{\text{varilla}} = 1.5 * 2.86 = 4.29 \text{ cm}$$

$$1.5 * \text{T.M.A.} = 1.5 * \frac{3}{4} * 2.54 = 2.86 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{rcl}
 1.5 \varnothing_{\text{varilla}} & = & 4.29 \text{ cm} \\
 1.5 \text{ T.M.A} & = & 2.86 \text{ cm} \\
 & & 4.00 \text{ cm}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} 1.5 \varnothing_{\text{varilla}} & = & 4.29 \text{ cm} \\ 1.5 \text{ T.M.A} & = & 2.86 \text{ cm} \\ & & 4.00 \text{ cm} \end{array}} \right\} \leq S$$

La separación libre entre las varillas es la adecuada ya que es mayor que la separación mínima necesaria.

- Cuantía de la columna

Determinada la carga axial aplicada a la columna y conociendo la sección de la misma calculó la cuantía de la columna.

$$\rho = \frac{A_s}{A_g}$$

$$q = \rho * \frac{f_y}{f'_c}$$

Es necesario determinar la resistencia nominal del concreto a compresión y la magnitud del bloque equivalente.

$$f^*_c = 0.8 * f'_c = 0.8 * 281 = 224.80 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''_c = 0.85 * f^*_c = 0.85 * 224.80 = 191.08 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces se tiene

$$\rho = \frac{45.98}{1225} = 0.03753$$

$$q = 0.03753 * \frac{4200}{191.08} = 0.8249703$$

- Carga axial resistencia de diseño

Esta carga axial resistente se diseña suponiendo que  $e_x$  y  $e_y$  tienen un valor igual a 0.

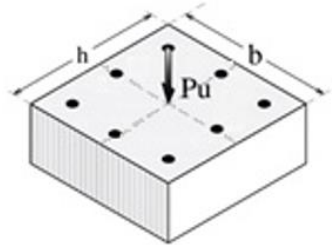
$$P_r = F_r * (f''_c * (A_c) + A_s * F_y)$$

Donde:

$$F_r = 0.70$$

$$A_c = A_g - A_s = 1225 - 45.98 = 1,179.02 \text{ cm}^2$$

**Figura 104. Carga axial aplicada a la columna, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

$$P_{ro} = 0.70 * [191.08 * (1,179.02) + 45.98 * 4200] = 292,873.70 \text{ kg}$$

- Carga axial resistente aplicada con una excentricidad  $e_x$

$$r = 6.38 \text{ cm}$$

$$d = 35 - 6.38 = 28.62 \text{ cm}$$

$$d/h = \frac{28.62}{35} = 0.818 \rightarrow \text{valor de la gráfica}$$

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{10.41}{31.04} * 100 = 33.54 \text{ cm} \rightarrow \text{excentricidad}$$

$$e_x/h = \frac{33.54}{35} = 0.95 \rightarrow \text{diagonales}$$

$$q = 0.8249703$$

Se procede a obtener el dato de  $K_x$  a partir de unos diagramas de interacción (Mega, s.f., *Ábacos para el diseño de columnas*, recuperado de: <https://mega.nz/folder/RRpxVTyY#LbvY55C4s-8mvQQ2eQZEIw>).

$$K_x = 0.25$$

$$Pr_x = K_x * Fr * f'_c * b * h = 0.25 * 0.7 * 281 * 35 * 35 = 60,239.38 \text{ kg}$$

- Carga axial resistente aplicada con una excentricidad  $e_y$

$$r = 6.38 \text{ cm}$$

$$d = 35 - 6.38 = 28.62 \text{ cm}$$

$$d/h = \frac{28.62}{35} = 0.82 \rightarrow \text{valor de la gráfica}$$

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{13.49}{31.04} * 100 = 43.47 \text{ cm} \rightarrow \text{excentricidad}$$

$$e_x/h = \frac{43.47}{35} = 1.24 \rightarrow \text{diagonales}$$

$$q = 0.8249703$$

El diagrama de interacción indicó:

$$K_y = 0.23$$

$$Pr_y = K_y * Fr * f'_c * b * h = 0.23 * 0.7 * 281 * 35 * 35 = 54,420.23 \text{ kg}$$

- Carga normal resistente de diseño

Para determinar la resistencia de la columna a flexo-compresión se utilizó la fórmula de Bresler.

$$Pr = \frac{1}{\frac{1}{Pr_x} + \frac{1}{Pr_y} + \frac{1}{Pr_o}}$$

Donde:

$P_r$  = Carga normal, aplicada con las excentricidades  $e_x$  y  $e_y$ .

$P_{ro}$  = Carga axial, suponiendo que  $e_x = e_y = 0$ .

$P_{rx}$  = Carga normal, aplicada con una excentricidad  $e_x$  en  $y$ .

$P_{ry}$  = Carga normal, aplicada con una excentricidad  $e_y$  en  $x$ .

$$P_r = \frac{1}{\frac{1}{60,239.38} + \frac{1}{55,420.54} + \frac{1}{292,873.70}} = 32,020.543 \text{ kg} = 32.02 \text{ Ton}$$

$$P_r > P_u \rightarrow \text{chequea}$$

$$32.02 \text{ Ton} > 31.04 \text{ Ton} \rightarrow \text{chequea}$$

Como  $P_r > P_u$  significa que el armado propuesto de  $A_s = 45.98 \text{ cm}^2$  y la sección de la columna si resisten las cargas a las que estará expuesta.

#### **3.6.3.1. Acero mínimo**

El porcentaje de refuerzo longitudinal no debe ser menor que 1% del área transversal total de una columna.

$$A_{s_{\min}} = 1\%A_g = 0.01 * 35 * 35 = 12.25 \text{ cm}^2$$

### **3.6.3.2. Acero máximo**

El porcentaje máximo de acero no debe ser mayor que 4% del área transversal total de la columna cuando las varillas van a empalmarse por traslape.

$$A_{S_{\max}} = 6\%A_g = 0.06 * 35 * 35 = 73.50 \text{ cm}^2$$

El área de acero colocado en la columna no debe exceder los 73.50 cm<sup>2</sup>.

### **3.6.3.3. Acero requerido**

Se propuso iniciar con un armado que esté cerca del valor del  $A_{S_{\min}}$ , utilizando un 3% $A_g$ .

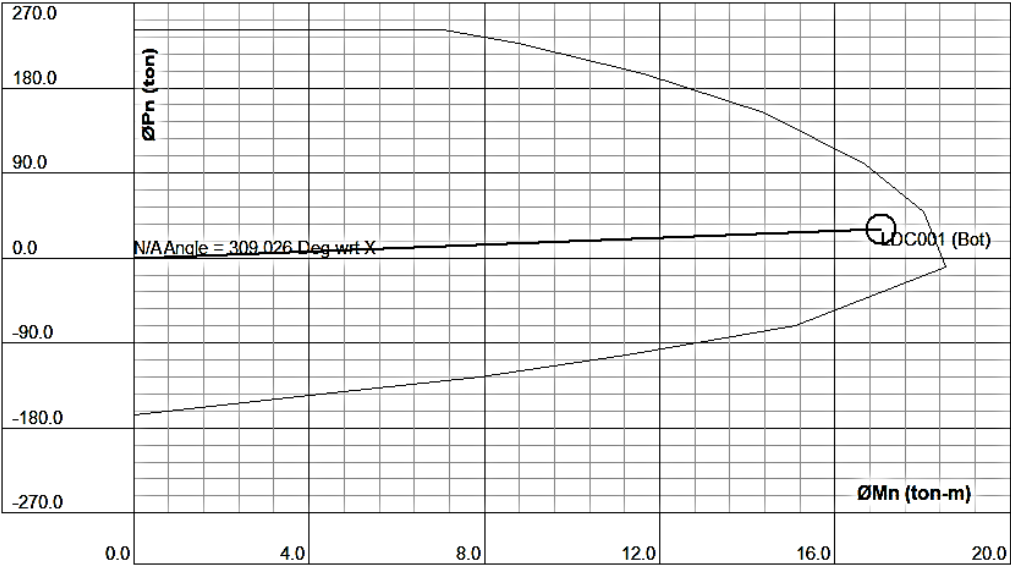
$3\%A_g = 0.03 * 35 * 35 = 36.75 \text{ cm}^2$  Utilizar 8 varillas No. 9 + 4 varillas No. 8 que hacen un total de 45.98 cm<sup>2</sup>

### **3.6.3.4. Propuesta de armado**

Para un diseño exacto se propone un armado de 4 varillas #10 más 4 varillas #8 con lo cual se cumple con el acero requerido. Este diseño fue comprobado con el software CSICOL versión 2015, por medio de las curvas de interacción, dando como resultado un radio de capacidad en la parte inferior de la columna de  $r = 0.98$  y un radio de capacidad en la parte superior de la columna de  $r = 0.94$ .

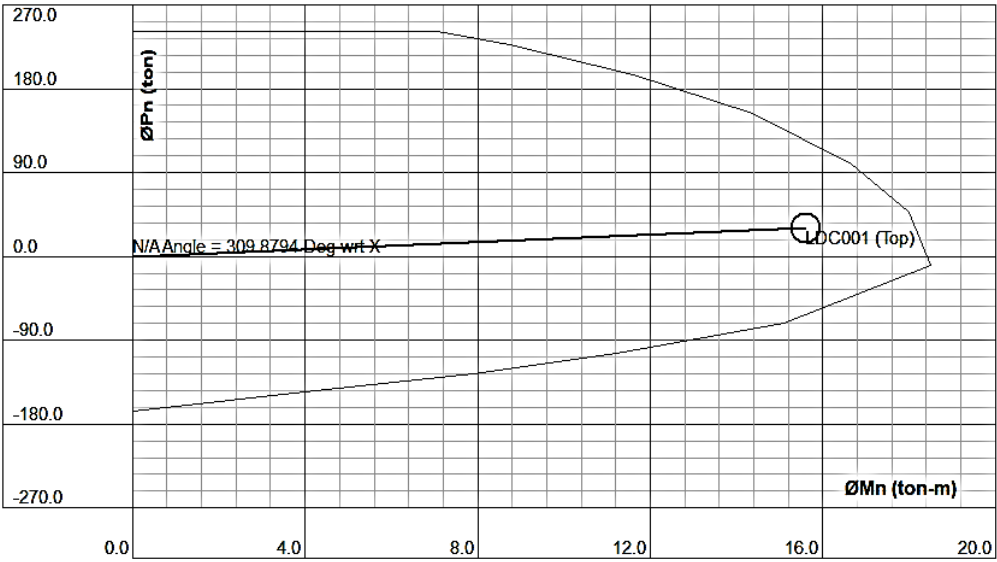
El radio de capacidad de la sección de la columna debe ser menor a 1 por lo que el refuerzo longitudinal y la sección de la misma es el adecuado.

Figura 105. Curva de interacción de momento inferior de la columna



Fuente: elaboración propia

Figura 106. Curva de interacción de momento superior de la columna



Fuente: elaboración propia

Es necesario diseñar refuerzo transversal, por medio de estribos para resistir los esfuerzos de corte, permitiendo una deformación unitaria mayor del elemento. En zonas sísmicas es necesario proveer ductilidad a las columnas, esto se logra por medio del confinamiento de los estribos en los extremos de la misma.

- Determinación del refuerzo transversal en eje X

Datos:

$$P_u = 31.04 \text{ Ton}$$

$$V_{ux} = 5.27 \text{ Ton}$$

$$V_{uy} = 13.49 \text{ Ton}$$

$$r_{\text{libre}} = 4.00 \text{ cm}$$

$$H = 7.10 \text{ m}$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 45.98 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 1,225.00 \text{ cm}^2$$

$$\text{Estribo No.} = 3$$

$$\phi_{\text{est}} = 0.95 \text{ cm}$$

$$A_{\text{est}} = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{\text{varilla8y9}} = 2.54 \text{ cm}, 2.86 \text{ cm}$$

$$A_{\text{varilla8y9}} = 5.07 \text{ cm}^2, 6.42 \text{ cm}^2$$

$$r_{\text{efectivo}} = r + \phi_{\text{est}} + \frac{\phi_{\text{varilla}}}{2} = 4 + 0.95 + \frac{2.86}{2} = 6.38 \text{ cm}$$

$$d = b - r_{\text{efectivo}} = 35 - 6.38 = 28.62 \text{ cm}$$

El cortante ultimo debe ser menor que la siguiente expresión:

$$V_u < 2F_R b d \sqrt{f_c^*}$$

$$2F_R b d \sqrt{f_c^*} = 2 * 0.80 * 35 * 28.62 * \sqrt{224.80} = 24,030.11 \text{ kg} = 24.03 \text{ Ton}$$

$$V_r = 24.03 \text{ Ton} \quad V_r > V_u$$

Si  $V_r \geq V_u$ , se colocan estribos a  $S = d/2$ ; si  $V_r < V_u$ , se diseñan los estribos por corte, para ambas opciones considerar que la varilla mínima permitida es la No. 3.

**Tabla 87. Zonas de confinamiento, centro de capacitación**

| Zona de confinamiento |                  |        | Separación de estribos |                             |          |
|-----------------------|------------------|--------|------------------------|-----------------------------|----------|
| <b>Superior</b>       | b <sub>máx</sub> | 0.35 m | Ss                     | b <sub>min</sub> /4         | 8.75 cm  |
|                       | H/6              | 1.18 m |                        | 6*Ø <sub>varilla</sub>      | 17.16 cm |
|                       | 600 mm           | 0.60 m |                        | 100 mm                      | 10.00 cm |
| <b>Central</b>        | Zona central     | 4.73 m | Sc                     | $850 \frac{bd}{\sqrt{F_y}}$ | 37.51 cm |
|                       |                  |        |                        | 48Ø <sub>estribo</sub>      | 45.60 cm |
|                       |                  |        |                        | b <sub>mín</sub> /2         | 17.50 cm |
| <b>Inferior</b>       | b <sub>máx</sub> | 1.18 m | Si                     | 100 mm                      | 8.75 cm  |

Fuente: elaboración propia

La separación libre entre varillas debe ser menor de 15 cm mientras que la separación de centro a centro de varillas laterales no debe exceder los 35 cm.

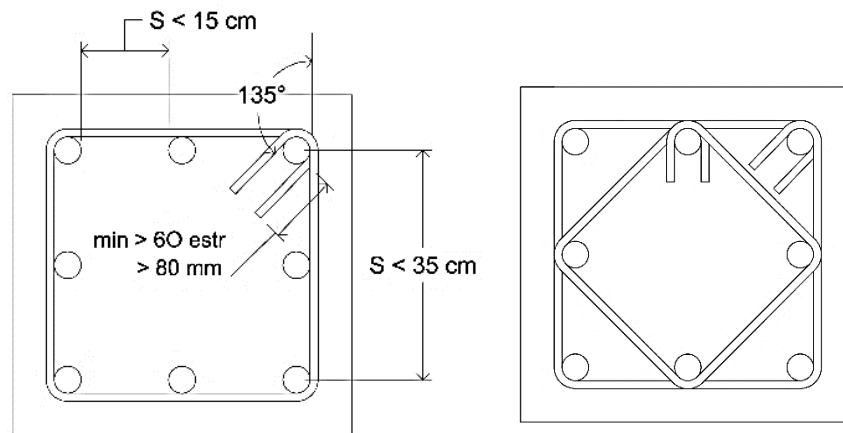
$$S_x = S_y = b - 2 * r_{\text{libre}} - \phi_{\text{varilla}} - 2 * \phi_{\text{est}}$$

$$S_{cx} = S_{cy} = \frac{b}{2} - r_{\text{libre}} - \phi_{\text{varilla}} - \phi_{\text{est}} - \frac{\phi_{\text{est}}}{2}$$

$$\text{Gancho} = \text{mínimo} > 6 * \phi_{\text{est}}$$

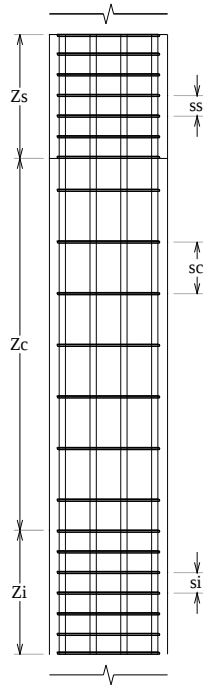
$$\text{máximo} > 80 \text{ mm}$$

**Figura 107. Detalle del estribo, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

**Figura 108. Confinamiento de estribos en columna, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

$$S_x = 35 - 2 * 4 - 2 * 0.95 - 2.86 = 22.24 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

$$S_y = 35 - 2 * 4 - 2 * 0.95 - 2.86 = 22.24 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

$$S_{CX} = 35/2 - 4 - 0.95 - 2.86 - 2.54/2 = 8.42 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

$$S_{CY} = 35/2 - 4 - 0.95 - 2.86 - 2.54/2 = 8.42 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

$$\text{gancho} = 6 * 0.95 = 5.70 \text{ cm} \rightarrow \text{chequea}$$

- Revisión del cortante

$$P_u < F_r * (0.7 * f_c^* * A_g + 2000 * A_s)$$

$$F_r * (0.7 f_c^* * A_g + 2000 * A_s) = 0.7 * (0.7 * 224.8 * 1225 + 2000 * 45.98)$$

$$F_r * (0.7 f_c^* * A_g + 2000 * A_s) = 199,303.96 \text{ kg} = 199.30 \text{ Ton}$$

$$P_u < 199.30 \text{ Ton} \rightarrow \text{chequea}$$

- Cuantía de la columna

$$\rho = \text{varillas} * \frac{A_{\text{varilla}}}{A_g} = 2 * \left( \frac{6.42}{1225} \right) + \left( \frac{5.07}{1225} \right) = 0.0146$$

$$\text{Si } \rho < 0.015 \rightarrow VCR = F_r * b * d * (0.2 + 20\rho) * \sqrt{f_c^*}$$

$$\text{Si } \rho \geq 0.015 \rightarrow VCR = 0.5 * F_r * b * d * \sqrt{f_c^*}$$

Como  $\rho = 0.0146$  entonces:

$$VRC = 0.8 * 35 * 28.62 * (0.2 + 20 * 0.0146) * \sqrt{224.80} = 5.92 \text{ Ton}$$

$$\text{Factor} = 1 + 0.007 * \frac{P_u}{A_g} = 1 + 0.007 * \frac{31.04}{1225} = 1.1773942$$

$$VCR = VRC * \text{Factor} = 5.92 * 1.1773942 = 6.97 \text{ Ton}$$

$$VSR = V_{ux} - VCR = 5.27 - 6.97 = 1.70 \text{ Ton}$$

- Separación de estribos

$$S = \frac{F_r * A_{sh} * F_y * d * (\text{sen}\theta + \text{cos}\theta)}{VSR}$$

$$S = \frac{0.8 * (2 * 0.71) * 4200 * 28.62 * 1}{1.70 * 1000} = 80.41 \text{ cm}$$

La S propuesta en los extremos confinados de la columna es menor que la separación máxima permitida por lo tanto cumple con el chequeo. Los estribos en los extremos superior e inferior de la columna quedan a cada 10.00 cm, mientras que los del centro a 15.00 cm, debido a que es el valor máximo permitido en columnas según el código ACI.

Este proceso se realiza en el eje Y y dio como resultado  $S = 20.93 \text{ cm}$ , por lo que se toma la separación propuesta que es 10.00 cm.

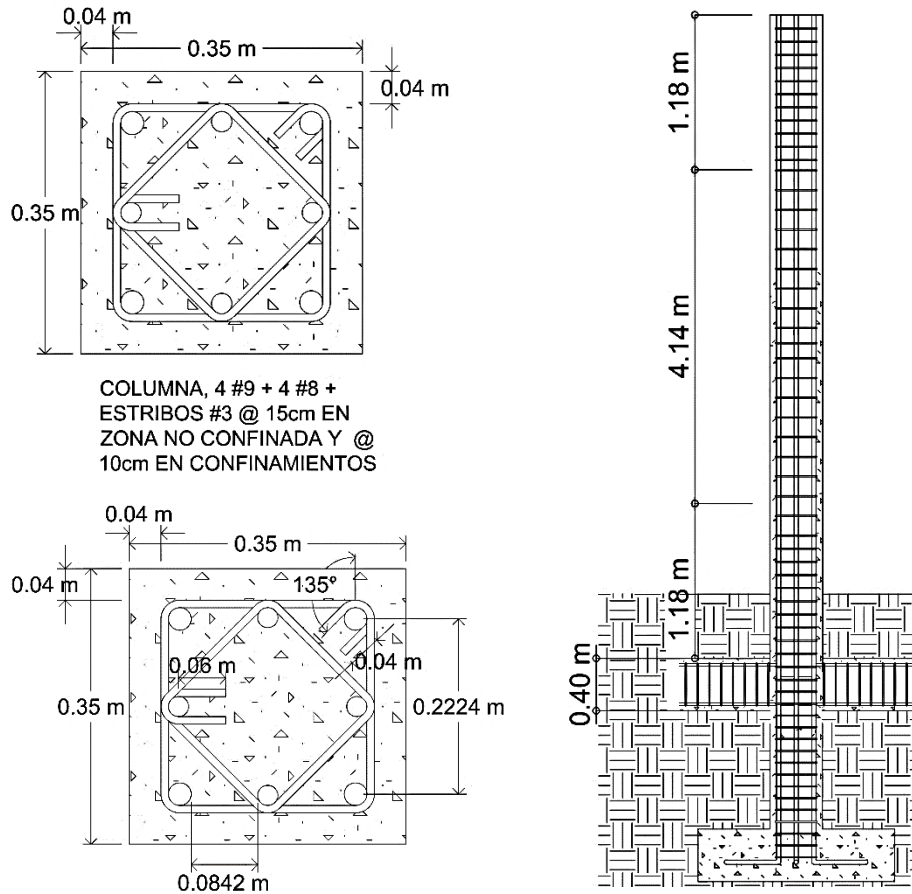
El armado queda de la siguiente manera:

**Tabla 88. Separación de estribos en columnas, centro de capacitación**

|                |          |                                 |
|----------------|----------|---------------------------------|
| Z <sub>s</sub> | 1.18 m   | Zona de confinamiento superior  |
| Z <sub>c</sub> | 4.14 m   | Zona central                    |
| Z <sub>i</sub> | 1.18 m   | Zona de confinamiento inferior  |
| S <sub>s</sub> | 10.00 cm | Separación de estribos superior |
| S <sub>c</sub> | 15.00 cm | Separación de estribos central  |
| S <sub>i</sub> | 10.00 cm | Separación de estribos inferior |

Fuente: elaboración propia

**Figura 109. Armado de columna, centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia

#### 3.6.4. Diseño de zapatas

Una zapata es un elemento estructural que sirve de cimentación a un pilar, muro u otro elemento superficial, transmitiendo los esfuerzos que recibe de este al terreno (Construmática, s.f., *Cimentaciones por zapatas*, recuperado de: [https://www.construmatica.com/construpedia/Cimentaciones\\_por\\_Zapatas](https://www.construmatica.com/construpedia/Cimentaciones_por_Zapatas)).

Los datos para el diseño son el valor soporte del suelo, peso específico del suelo, obtenido en la sección 2.3.2.1 y los momentos obtenidos en el diseño estructural.

Datos:

$$M_x = 7.97 \text{ Ton}\cdot\text{m} \rightarrow (\text{figura 81})$$

$$M_y = 12.13 \text{ Ton}\cdot\text{m} \rightarrow (\text{figura 80})$$

$$P_u = 31.04 \text{ Ton} \rightarrow (\text{página 320})$$

$$V_s = 68.85 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow (\text{página 12})$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1.19 \text{ Ton/m}^3 \rightarrow (\text{página 10})$$

$$\text{Desplante} = 2.00 \text{ m} \rightarrow (\text{página 10})$$

$$f_{cu} = 1.29 \text{ (página 320)}$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2.4 \text{ Ton/m}^3$$

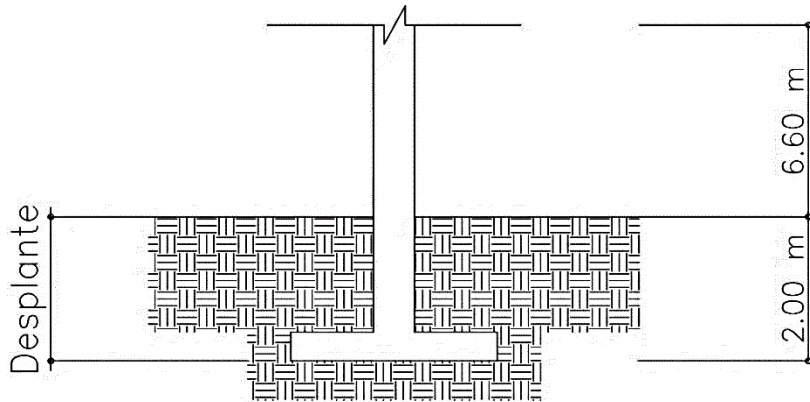
$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi_{\text{varilla}} = 1.91 \text{ cm}$$

$$A_{\text{varilla}} = 2.85 \text{ cm}^2$$

**Figura 110. Características de zapata, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

- Cargas de trabajo:

$$P'_t = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{31.04}{1.29} = 24.00 \text{ Ton}$$

$$M'_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{7.97}{1.29} = 6.16 \text{ Ton*m}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{12.13}{1.29} = 9.38 \text{ Ton*m}$$

- Pre-dimensionamiento del área de la zapata

$$A_z = \frac{1.5 * P'_t}{V_s} = \frac{1.5 * 24.00}{68.85} = 0.52 \text{ m}^2$$

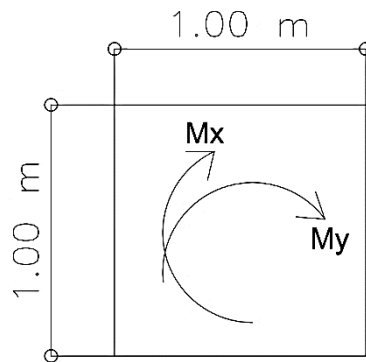
$$\sqrt{0.52} = 0.72 \text{ m}$$

Se propone una zapata de 1.00 x 1.00 m y un espesor de  $t = 0.30 \text{ m}$ .

Tomando en cuenta las dimensiones el área de zapata será:

$$A_z = 1.00 \text{ m}^2$$

**Figura 111. Sección de zapata, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

- Chequeo de presión sobre el suelo

Para determinar la presión vertical sobre el suelo se debe considerar: la carga de trabajo, el peso del suelo del desplante, peso de columna y peso del cimiento (zapata). Se define por la fórmula:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_{tx}}{S_x} \pm \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

Donde:

P = Integración total de cargas actuantes

Sx y Sy = Módulos de sección en el sentido indicado =  $\frac{1}{12} * b * h^3$

$$P = P'_t + P_{\text{suelo}} + P_{\text{col}} + P_{\text{cim}}$$

$$P = P'_t + (A_z * \text{despl} * Y_s) + (A_{gcol} * H_{col} * Y_c) + (A_z * t_{cim} * Y_c)$$

$$P = 24.00 + (1 * 1.70 * 1.19) + (0.123 * 8.30 * 2.4) + (1 * 0.3 * 2.4) = 29.19 \text{ Ton}$$

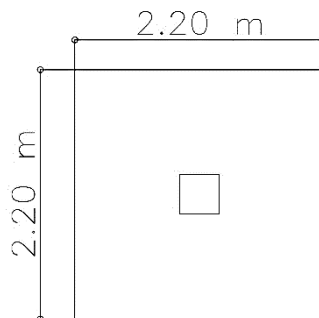
$$q_{\max} = \frac{29.19}{1} + \frac{6.16}{\frac{1}{6} * 1^3} + \frac{9.38}{\frac{1}{6} * 1^3} = 122.42 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{29.19}{1} - \frac{6.16}{\frac{1}{6} * 1^3} - \frac{9.38}{\frac{1}{6} * 1^3} = -64.05 \text{ Ton/m}^2$$

Tomando en cuenta que “q” no debe dar valores negativos, ni mayores que el  $V_s$  y en este caso  $q_{\min}$  es negativo, se debe aumentar el área de la zapata para que cumpla esta condición.

Se propone una zapata de 2.20 x 2.20 m,  $A_z = 4.84 \text{ m}^2$  y un espesor de  $t = 0.35 \text{ m}$ .

**Figura 112. Segunda estimación de sección de zapata, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

$$P = 24.00 + (4.84 * 1.65 * 1.19) + (0.123 * 8.25 * 2.4) + (4.84 * 0.35 * 2.4) = 40.00 \text{ Ton}$$

$$q_{\max} = \frac{40.00}{4.84} + \frac{6.16}{\frac{1}{6} * 2.20^3} + \frac{9.38}{\frac{1}{6} * 2.20^3} = 16.22 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{40.00}{4.84} - \frac{6.16}{\frac{1}{6} * 2.20^3} - \frac{9.38}{\frac{1}{6} * 2.20^3} = 0.30 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\max} = 16.22 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow \text{chequea, no excede el Vs}$$

$$q_{\min} = 0.30 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow \text{chequea, no existen presiones de tensión}$$

Tomando en cuenta que la presión debajo de la zapata en un punto, es distinta a la localizada en cualquier otro, por motivos de diseño se trabaja con una presión constante debajo de la zapata, la cual puede ser un valor que se encuentre entre  $q_{\text{med}}$  y  $q_{\max}$  (Siguí, 2008, p. 82).

En este caso se toma como presión de diseño " $q_{\text{dis}}$ " igual a  $q_{\max}$ .

$$q_{\text{dis}} = q_{\max} = 16.22 \text{ Ton/m}^2$$

La presión máxima afectada por el factor de carga última se considera la presión última aplicada.

$$q_{\text{dis}\mu} = q_{\text{dis}} * F_{\text{cu}} = 16.22 * 1.29 = 20.98 \text{ Ton/m}^2$$

Para determinar el espesor de la zapata es necesario que resista tanto el corte simple o corte flexionante como el punzonamiento causado por la columna y las cargas actuantes.

- Chequeo por corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a  $d$  (peralte efectivo) del borde de la columna. Por tal razón, se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante (Siguí, 2008, p. 83).

$$d = t_{\text{cim}} - \text{rec} - \phi/2$$

Donde:

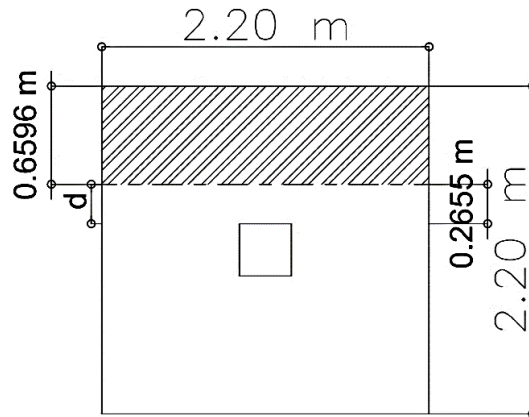
$d$  = Peralte efectivo

$\text{rec} = 7.5 \text{ cm}$

$\phi = 1.91 \text{ cm}$  ----- varilla #6

$$d = 35 - 7.5 - \frac{1.91}{2} = 26.55 \text{ cm}$$

**Figura 113. Área sombreada de corte simple, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

- Corte actuante:

$$V_{act} = \text{Área sombreada} * q_{dis\mu} = 0.6596 * 2.20 * 20.98 = 30.45 \text{ Ton}$$

- Corte simple resistente:

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * \frac{d}{1000}$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{281} * 220 * \frac{26.55}{1000} = 44.10 \text{ Ton}$$

$$44.10 \text{ Ton} > 30.45 \text{ Ton}$$

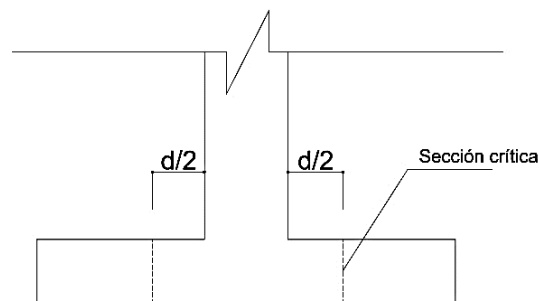
$$V_r > V_{act}$$

El espesor asumido de  $t = 35 \text{ cm}$  si chequea por corte simple, ya que el corte simple resistente es mayor que el corte actuante en la zapata.

- Chequeo por corte punzonante

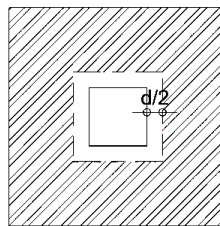
Se supone que el plano de la sección crítica, perpendicular al plano de la losa de la zapata, está localizado de modo tal que tiene un perímetro mínimo " $b_o$ ". Esta sección crítica no requiere estar más cerca que  $d/2$  del perímetro del área de carga (Siguí, 2008, p. 96).

**Figura 114. Sección crítica de la zapata, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

**Figura 115. Perímetro de la sección crítica, centro de acopio**



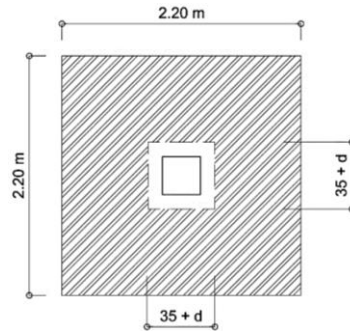
Fuente: elaboración propia

Donde:

Área sombreada = Área de punzonamiento

$b_o$  = Perímetro de la sección crítica (línea punteada)

**Figura 116. Área punzonante, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

$$35 + d = 35 + 26.55 = 61.55 \text{ cm}$$

- Corte punzonante actuante

$$V_{actp} = \text{Área sombreada} * q_{dis\mu} = (A_z - (35 + d) * (35 + d)) * q_{dis\mu}$$

$$V_{actp} = ((2.20 * 2.20) - (0.6155 * 0.6155)) * 20.98 = 93.61 \text{ Ton}$$

- Corte punzonante resistente

$$V_{pr} = 0.85 * 1.06 * \sqrt{f'_c} * b_o * \frac{d}{1000}$$

Donde:

$$b_o = 4 * (35 + d)$$

$$V_{pr} = 0.85 * 1.06 * \sqrt{281} * (4 * 61.55) * \frac{26.55}{1000} = 98.70 \text{ Ton}$$

$$98.70 \text{ Ton} > 93.61 \text{ Ton}$$

$V_{pr} > V_{actp}$  Utilizando un espesor de 35.00 cm la zapata si soporta el punzonamiento.

#### **3.6.4.1. Acero mínimo**

- Sentido X

$$A_{smin} = \frac{14.1 * b * d}{f_y} = \frac{14.1 * 100 * 26.55}{4200} = 8.91 \text{ cm}^2$$

- Sentido Y

$$A_{smin} = \frac{14.1 * b * d}{f_y} = \frac{14.1 * 100 * 24.64}{4200} = 8.27 \text{ cm}^2$$

#### **3.6.4.2. Acero máximo**

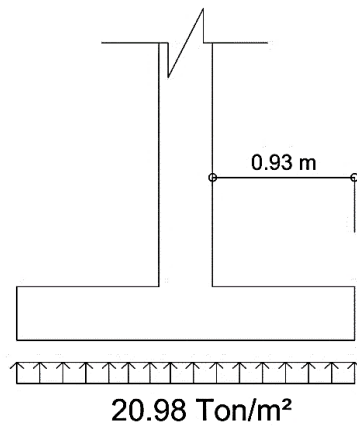
Se utiliza el acero mínimo en ambos sentidos.

#### **3.6.4.3. Acero requerido**

La zapata se diseña a flexión y actúa como una losa en voladizo.

- Flexión en el sentido X-X

**Figura 117. Flexión en el sentido X-X, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

El momento último será:

$$M_u = \frac{Wl^2}{2} = \frac{20.98 * 0.93^2}{2} = 8.98 \text{ Ton*m} = 8,976.64 \text{ kg*m}$$

El área de acero se calcula con la misma ecuación para el refuerzo de una viga:

$$A_s = \left[ (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'_c}} \right] * \frac{0.85 * f'_c}{f_y}$$

Donde:

$$M_u = 8,986.64 \text{ kg*m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 26.55 \text{ cm}$$

$$A_s = \left[ (100 * 26.55) - \sqrt{(100 * 26.55)^2 - \frac{8,976.64 * 100}{0.003825 * 281}} \right] * \frac{0.85 * 281}{4,200} = 9238 \text{ cm}^2$$

- Flexión en el sentido Y-Y

El peralte efectivo en el sentido Y disminuye debido a la cama de hierro colocada en el sentido X, por lo tanto, el nuevo peralte es:

$$d_{Y-Y} = d_{X-X} - \frac{\phi_{X-X}}{2} - \phi_{X-X}$$

$$d_{Y-Y} = 26.55 - \frac{1.91}{2} - \frac{1.91}{2} = 24.64 \text{ cm}$$

$$M_u = 8,976.64 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 24.64 \text{ cm}$$

$$A_s = \left[ (100 * 24.64) - \sqrt{(100 * 24.64)^2 - \frac{8,976.64 * 100}{0.003825 * 281}} \right] * \frac{0.85 * 281}{4,200} = 10.00 \text{ cm}^2$$

#### 3.6.4.4. Propuesta de armado

- Sentido X

Se coloca el As requerido.

La separación para As requerido con varilla No. 6:

$$9.23 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$2.85 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{2.85 * 100}{9.23} = 30.88 \text{ cm}$$

Para determinar cuántos rieles se colocan es necesario aplicara la siguiente relación:

$$\# \text{ rieles} = \frac{L}{S} + 1$$

Donde:

$$L = b_{\text{cim}} - 2 * \text{rec}$$

$$\# \text{ rieles} = \frac{2.20 - 2 * 0.075}{0.30} + 1 = 7.83 = 8$$

Colocar 8 varillas No. 6 @ 30 cm en sentido X en la cama inferior de la zapata.

- Sentido Y

Se coloca el As requerido.

La separación para  $A_{sreq}$  con varilla No. 6:

$$10.00 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$2.85 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{2.85 * 100}{10.00} = 28.51 \text{ cm}$$

Para determinar cuántos rieles se colocan es necesario aplicara la siguiente relación:

$$\#_{\text{rieles}} = \frac{L}{S} + 1$$

Donde:

$$L = b - 2 * \text{rec}$$

$$\#_{\text{rieles}} = \frac{2.20 - 2 * 0.075}{0.28} + 1 = 8.32 = 9$$

Colocar 9 varillas No. 6 @ 28 cm en sentido Y en la cama inferior de la zapata.

El acero por temperatura se coloca en ambos sentidos en la cama superior de la zapata.

$$A_{stem} = 0.002 * b * t$$

$$A_{stem} = 0.002 * 100 * 35 = 7.00 \text{ cm}^2$$

$$7.00 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

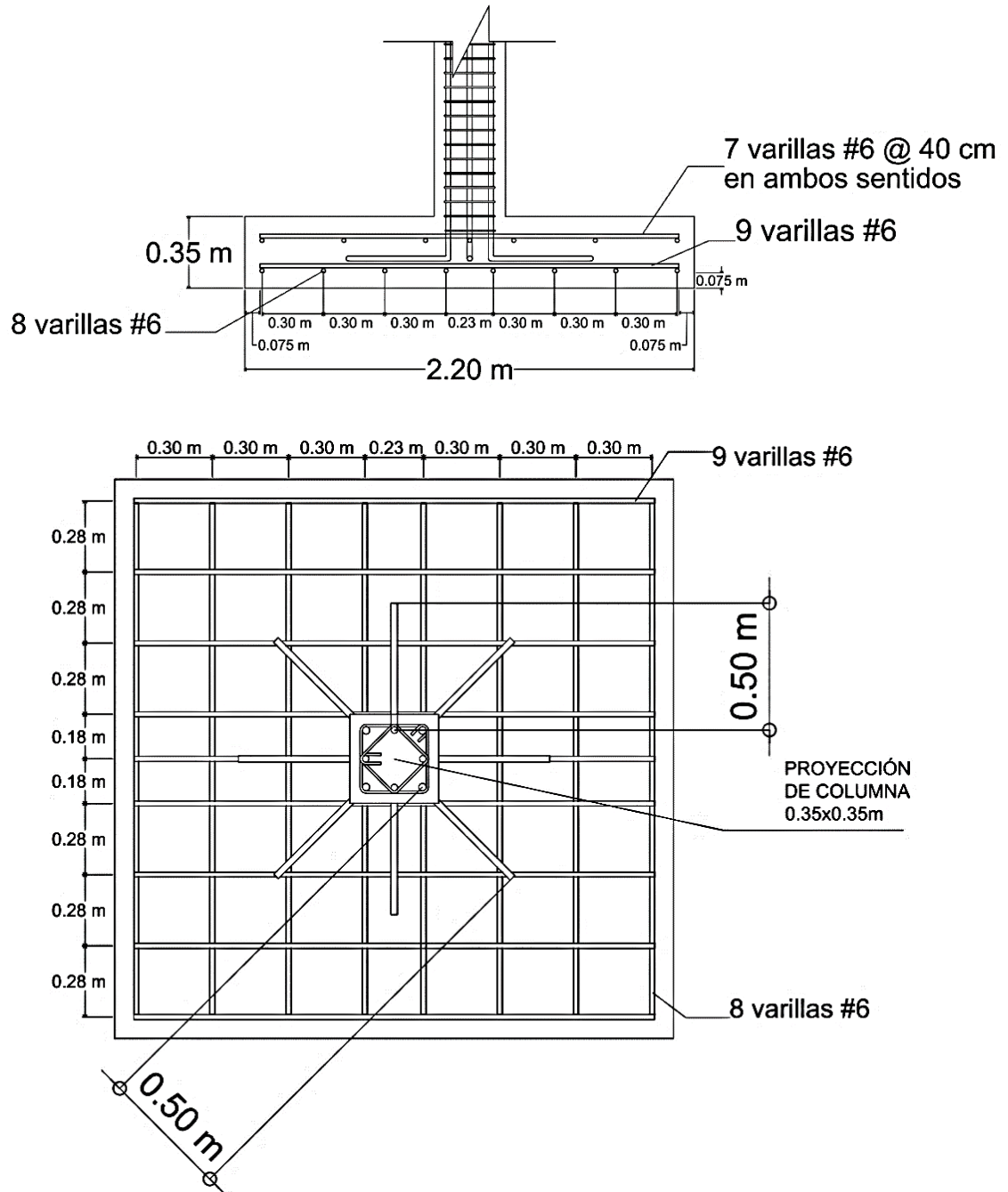
$$2.85 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{2.85 * 100}{7.00} = 40.71 \text{ cm}$$

$$\#rieles = \frac{2.20 - 2 * 0.075}{0.40} + 1 = 6.13 = 7$$

El armado final de la zapata con sección de 2.20 m x 2.20 m x 0.35 m es: 8 varillas #6 de acero corrugado a cada 30 cm en el sentido X en la cama inferior, 9 varillas #6 de acero corrugado a cada 28 cm en el sentido Y en la cama inferior y colocar 7 varillas #6 de acero corrugado @40 cm en ambos sentidos en la cama superior de la zapata.

**Figura 118. Armado de zapata, centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

### 3.6.5. Diseño de muros de relleno

Se diseñan muros de mampostería que sirvan de relleno para la edificación.

- **Fuerza de sismo**

La fuerza de sismo F se calcula por método de SEOC adaptado a condiciones de El Salvador.

$$V = C_s * W$$

Donde:

$$C_s = \left( \frac{AI Co}{R} \right) * \left( \frac{T_o}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$T_o = 0.6$$

$$T = 0.12 * \frac{H}{B^{\frac{1}{2}}}$$

$$H = 7.10 \text{ m}$$

$$B = 5.00 \text{ m}$$

$$Co = 3$$

$$A = 0.40$$

$$I = 1.20$$

$$R = 8$$

$$W = 1000 \text{ kg}$$

$$T = 0.12 * \frac{7.10}{5.00^{\frac{1}{2}}} = 0.38 \text{ s}$$

Con los datos anteriores se puede calcular el coeficiente sísmico.

$$C_s = \left( \frac{0.40 * 1.20 * 3}{8} \right) * \left( \frac{0.60}{0.38} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.24$$

$$V = 0.24 * 1000 = 243.63 \text{ kg}$$

- **Diseño estructural**

Datos:

$$L = 5.00 \text{ m}$$

$$h = 7.10 \text{ m}$$

$$t = 0.15 \text{ m}$$

$$F'm = 35 \text{ kg/cm}^2 = \text{Resistencia a la compresión de la mampostería}$$

$$F_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

- **Diseño a compresión**

$$f_a = \frac{C}{L * t}$$

Donde:

$f_a$  = compresión actuante

$$C = \frac{1}{15 * \sqrt{T}} = \frac{1}{15 * \sqrt{0.38}} = 0.11$$

$$f_a = \frac{0.11}{5.00 * 0.15} = 0.14 \text{ kg/m}^2$$

$$F_a = 0.2 * F' m * \left( 1 - \left( \frac{h}{40} * t \right)^3 \right)$$

Donde:

$F_a$  = Compresión resistente

$$F_a = 0.2 * 35 * \left( 1 - \left( \frac{7.10}{40} * 0.15 \right)^3 \right) = 6.99 \text{ kg/m}^2$$

$$0.14 < 6.99 \text{ chequea}$$

#### ○ **Diseño a flexión**

$$f_b = \frac{Mc}{I}$$

Donde:

$f_b$  = Esfuerzo actuante a flexión

$$M = F * L$$

$$c = \frac{L}{2}$$

$$M = 243.63 * 5.00 = 1,218.17 \text{ kg*m}$$

$$c = \frac{5.00}{2} = 2.50 \text{ m}$$

$$I = \frac{1}{12} * 5.00 * 7.100^3 = 149.13 \text{ m}^4$$

$$f_b = \frac{1,218.17 * 2.50}{149.13} = 20.42 \text{ kg/m}^2$$

$$F_b = 0.33 * F'_m$$

Donde:

$F_b$  = Esfuerzo resistente a flexión

$$F_b = 0.33 * 35 = 11.55 \text{ kg/m}^2$$

Si  $f_b > F_b$  indica que existen tensiones por lo que se debe reforzar, y si  $f_b < F_b$  no se deber reforzar.

Como  $20.42 > 11.55$  se refuerza despejando  $A_s$  de la siguiente ecuación:

$$M = A_s * F_s * \left( d - \left( 0.667 * A_s * \frac{F_s}{F'_m} * b \right) \right)$$

Donde:

$$F_s = 0.4 * F_y$$

$$d = L$$

$$b = t$$

$$0.667 * t * \frac{(0.4 * F_y)^2}{F'_m} * A_s - (0.48 * F_y) * L * A_s + M = 0$$

$$0.667 * 0.15 * \frac{(0.4 * 4,200)^2}{35} * A_s - (0.48 * 4,200) * 5.00 * A_s + 1,218.17 = 0$$

$$A_{s1} = 0.87 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 0.17 \text{ cm}^2$$

Se toma el área de acero mayor para el diseño.

#### ○ **Diseño a corte**

El esfuerzo a corte en muros producidos por las fuerzas laterales en kg/cm<sup>2</sup>, no debe exceder el valor calculado de acuerdo con:

$$V_r = f_v * A$$

Donde:

$$f_v = \text{Esfuerzo a corte} = 0.33 * F'_{lm}$$

$$A = \text{Área transversal del muro} = L * t$$

$$f_v = 0.33 * 35 = 1.95$$

$$V_r = 1.95 * 5.00 * 0.15 = 1.46 \text{ kg}$$

### 3.7. Instalaciones eléctricas

Para determinar la cantidad de lámparas con las que debe contar la bodega se realizó el siguiente proceso:

La bodega cuenta con un ancho de 14.80 m, largo de 9.80 m y altura de 6.50 m, el techo será de color blanco viejo con una reflexión de 76%, las paredes color crema tienen 81% y el piso de mármol blanco con reflexión de 45%.

- **Nivel de iluminación**

$$N_i = 150 \text{ luxes}$$

- **Flujo luminoso**

$$\text{Lúmenes iniciales} = 2600 \text{ Lum}$$

$$\text{LLD} = 0.83$$

- **Factor de mantenimiento**

$$\text{FM} = \text{LLD} * \text{LDD}$$

Donde:

$$\text{LLD} = \text{Factor de depreciación de la lámpara} = 0.83$$

$$\text{LDD} = \text{Factor de depreciación por suciedad luminaria} = 0.94$$

$$\text{FM} = 0.83 * 0.94 = 0.78$$

- **Relación de cavidad**

$$RC_T = \frac{5 * h_{CT} * (L + A)}{L * A}, \quad RC_A = \frac{5 * h_{CA} * (L + A)}{L * A}, \quad RC_P = \frac{5 * h_{CP} * (L + A)}{L * A}$$

Donde

$RC_T$  = Relación de cavidad de techo

$RC_A$  = Relación de cavidad de ambiente

$RC_P$  = Relación de cavidad de piso

$h_{CT}$  = Altura de cavidad de techo

$h_{CA}$  = Altura de cavidad de ambiente

$h_{CP}$  = Altura de cavidad de piso

L = Largo de la habitación

A = Ancho de la habitación

$$RC_T = \frac{5 * 0.15 * (14.80 + 9.80)}{14.80 * 9.80} = 0.127 = 0.12$$

$$RC_A = \frac{5 * 5.60 * (14.80 + 9.80)}{14.80 * 9.80} = 4.749 = 5.00$$

$$RC_P = \frac{5 * 0.75 * (14.80 + 9.80)}{14.80 * 9.80} = 0.636 = 0.60$$

- **Reflectancias efectivas**

Techo

techo: 80 → 75 → 70

RC<sub>T</sub>: 78 → X → 69

$$\frac{78 - 69}{80 - 70} = \frac{78 - X}{80 - 75}$$

$$X = 78 - \frac{(78 - 69) * (80 - 75)}{80 - 70} = 73.50 \%$$

Piso

El piso tiene una reflectancia efectiva entera por lo que no es necesario realizar interpolación.

$$X = 40.00 \%$$

Reflectancia efectiva de techo = 73.50 %

Reflectancia efectiva de paredes = 80.00 %

Reflectancia efectiva de piso = 40.00 %

- **Coeficiente de utilización**

techo:            80     →     73.50     →     50  
 pared: 80 → 50 → 30            80            80 → 50 → 30  
 RC<sub>A</sub>:    X → 0.42 → 0.37        Z            Y → 0.40 → 0.36

$$\frac{0.42 - 0.37}{50 - 30} = \frac{X - 0.42}{80 - 50}$$

$$X = \frac{(0.42 - 0.37) * (80 - 50)}{50 - 30} + 0.42 = 0.50$$

$$\frac{0.40 - 0.36}{50 - 30} = \frac{Y - 0.40}{80 - 50}$$

$$Y = \frac{(0.40 - 0.36) * (80 - 50)}{50 - 30} + 0.40 = 0.46$$

$$\frac{0.56 - 0.46}{80 - 50} = \frac{0.50 - Z}{80 - 73.50}$$

$$Z = 0.50 - \frac{(0.56 - 0.46) * (80 - 73.50)}{80 - 50} = 0.56$$

$$CU_{20\%} = 0.56$$

techo: 80 → 73.50 → 70  
 pared: 80 → 70 → 50      80      80 → 70 → 50  
 RC<sub>A</sub>: X → 1.056 → 1.038      Z      Y → 1.05 → 1.034

$$\frac{1.056 - 1.038}{70 - 50} = \frac{X - 1.038}{80 - 50}$$

$$X = \frac{(1.056 - 1.038) * (80 - 50)}{70 - 50} + 1.038 = 1.065$$

$$\frac{1.05 - 1.034}{70 - 50} = \frac{Y - 1.034}{80 - 50}$$

$$Y = \frac{(1.05 - 1.034) * (80 - 50)}{70 - 50} + 1.034 = 1.058$$

$$\frac{1.065 - 1.058}{80 - 70} = \frac{1.065 - Z}{80 - 73.50}$$

$$Z = 1.065 - \frac{(1.065 - 1.058) * (80 - 73.50)}{80 - 70} = 1.07$$

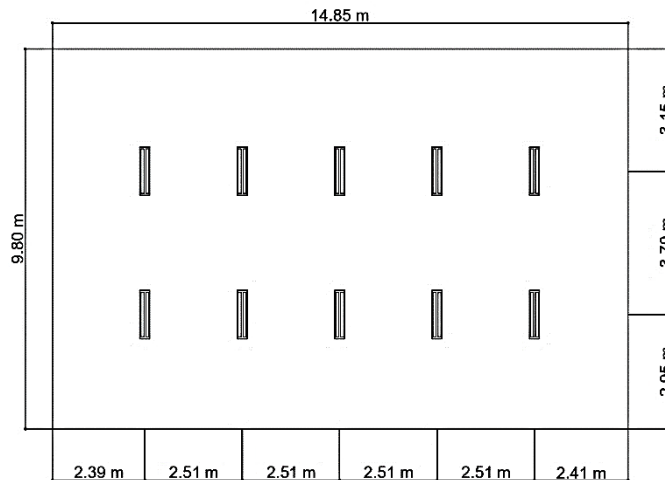
$$CU_{60\%} = Z * CU_{20\%} = 1.07 * 0.56 = 0.60$$

- Número de lámparas**

$$\#_{\text{Luminarias}} = \frac{N_i * \text{Área}}{(\#_{\text{lámparas} * \text{luminaria}}) * (\text{lúmenes iniciales}) * (FM) * (CU)}$$

$$\#_{\text{Luminarias}} = \frac{150 * 145.04}{(2) * (2600) * (0.78) * (0.60)} = 8.92$$

**Figura 119. Separación de lámparas en centro de acopio**



Fuente: elaboración propia

La instalación eléctrica para iluminación cuenta con 10 lámparas contra humedad, polvo y cubierta contra explosiones; con 2 tubos led de 48 pulg, 18 W y 90 V cada lámpara y 2 reflectores led de 12 W y 120 V, para que iluminen la rampa.

En el caso de la instalación eléctrica para fuerza cuenta con: 2 tomacorrientes de uso general que consume 180 W, 120 V y 2 tomacorrientes de 180 W y 120 V. Se diseñará el balance de cargas y tablero de distribución con los artefactos mencionados y a estos se le agregarán tubo con alta resistencia a explosiones para una ampliación en donde colocan maquinaria con voltajes especiales.

**Tabla 89. Factores de demanda máxima por elementos eléctricos**

| Descripción     | # de unidades | Potencia | Potencia total | Factor de demanda | Factores de demanda máxima |
|-----------------|---------------|----------|----------------|-------------------|----------------------------|
| Iluminación     | 10            | 36       | 360            | 0.73              | 262.80                     |
| Reflectores     | 2             | 12       | 24             | 0.75              | 18.00                      |
| TC uso general  | 2             | 180      | 360            | 0.59              | 212.40                     |
| TC uso especial | 2             | 180      | 360            | 0.59              | 212.40                     |
|                 |               |          |                | Suma =            | 705.60                     |

Fuente: elaboración propia

Por lo que la acometida de energía se calculó de la siguiente manera:

$$I_N = \frac{P}{V_{\text{mayor}}}, \quad I_F = \frac{I_N}{0.8}$$

Donde:

$I_N$  = Intensidad nominal

$I_F$  = Intensidad del flip-on

$$I_{N \text{ Acometida}} = \frac{705.60}{240} = 2.94 \text{ A}$$

$$I_F = \frac{2.94}{0.8} = 3.68 \text{ A}$$

Se utilizó 3 cables THHN #6 con flip-on 2x10.

- **Circuito A, iluminación, 10 unidades**

$$I_{N \text{ CIRCUITO A}} = \frac{10 * 90}{36} = 4.00 \text{ A}$$

$$I_F = \frac{4.00}{0.8} = 5.00 \text{ A}$$

Se utilizó 3 cables THHN #16, por norma se utiliza cable #14 con flip-on 1x15.

Se realizó de la misma manera para cada circuito:

**Tabla 90. Circuitos del centro de capacitación**

| Circuito | Descripción | Unidades | Potencia unitaria watts | Voltaje (V) | I <sub>N</sub> | I <sub>F</sub> | Conductor (3 cables) | Flip-On (A) |
|----------|-------------|----------|-------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------------|-------------|
| A        | Iluminación | 10       | 36                      | 90          | 4.00           | 5.00           | # 14                 | 1x15        |
| B        | Iluminación | 2        | 12                      | 90          | 0.27           | 0.33           | # 14                 | 1x15        |
| C        | Fuerza      | 2        | 180                     | 120         | 3.00           | 3.75           | # 10                 | 1x15        |
| D        | Fuerza      | 2        | 180                     | 240         | 1.50           | 1.88           | # 10                 | 1x15        |

Fuente: elaboración propia

- **Balance de cargas**

Para evitar un desbalance en el sistema eléctrico se realizó la siguiente tabla de comparación:

**Tabla 91. Balance de cargas en el sistema eléctrico, Centro de Acopio**

| CIRCUITO | DESCRIPCIÓN | POTENCIA |     | FLIP-ON |
|----------|-------------|----------|-----|---------|
|          |             | L1       | L2  |         |
| A        | Iluminación | 360      |     | 1x15    |
| B        | Fuerza      |          | 360 | 1x15    |
| C        | Fuerza      | 180      | 180 | 1x15    |
|          | SUMA =      | 540      | 540 |         |

Fuente: elaboración propia.

La edificación cuenta con un sistema monofásico de 5 polos con barras de 100 A y un voltaje de 240 V.

### 3.8. Instalaciones sanitarias

- Drenaje pluvial

Su único objetivo debe ser la evacuación de las aguas provenientes de la escorrentía producida por la precipitación pluvial, debiendo diseñarse el sistema de acuerdo a los requisitos siguientes:

- La pendiente mínima para techos y áreas impermeables es de 1 %.
- Los sumideros de techos deben ubicarse adecuadamente con el fin de facilitar la evacuación del agua, no siendo aceptables localizaciones que a juicio del FHA presenten obstáculos que dificulten el escurrimiento hacia ellos. Las bocas de los mismos

deben protegerse con rejillas de material inoxidable, que eviten el ingreso de objetos extraños a las tuberías.

- Las bajadas deben ubicarse si es posible en paredes que den al exterior de la edificación, protegidas adecuadamente con mortero tipo “A” concreto u otro material aprobado por el FHA.
- El área máxima a drenar con un bajante, según su diámetro es la siguiente:

**Tabla 92. Áreas máximas a drenar según diámetro**

| Diámetro (pulg)                               | Área máxima (m <sup>2</sup> )* |
|-----------------------------------------------|--------------------------------|
| 2                                             | 30                             |
| 2.1/2                                         | 60                             |
| 3                                             | 100                            |
| 4                                             | 210                            |
| 6                                             | 625                            |
| (*) Para intensidades de lluvia de 200 mm/hr. |                                |

Fuente: FHA, 1984, p. 84.

Se distribuirá la losa en nueve áreas tributarias y la mayor de ellas es de 36.56 m<sup>2</sup>, desnivel de 1.5 % para conducir el agua hacia las bajadas de agua. Se debe considerar la intensidad de lluvia en la zona y tomar en cuenta que alcanza su nivel máximo durante los primeros doce minutos.

Para determinar el diámetro de la tubería se aplica lo siguiente:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal de aguas de lluvia (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente para escorrentía para superficie de concreto

i = Intensidad de lluvia = 134 mm/hr

Área tributaria = 73.16 m<sup>2</sup> = 0.007316 hectáreas

El valor de C puede estimarse:

**Tabla 93. Valor de coeficiente de escorrentía**

| Descripción                        | Coeficiente (C) |
|------------------------------------|-----------------|
| Superficies impermeables de techos | 0.75 a 0.95     |
| Pavimentos de asfalto y concreto   | 0.85 a 0.90     |
| Jardines, parques o prados         | 0.05 a 0.25     |

Fuente: Méndez, 2012, p. 121.

Por ser una superficie impermeable se estimará una C (relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia en el área) de 1, ya que se necesita un 0% de infiltración.

$$Q = \frac{1 * 134 * 0.007316}{360} = 0.00272299 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conocido el caudal y la pendiente del área se determina el diámetro respectivo. Para la obtención del diámetro en cm se utiliza la fórmula de Manning.

$$D = \left( \frac{691000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D = Diámetro interno del tubo en cm

Q = Caudal de aguas de lluvia

n = Coeficiente de rugosidad

S = Pendiente

**Tabla 94. Coeficientes de rugosidad “n” para las fórmulas de Manning en tuberías, centro de acopio**

| Material                                 | n     |
|------------------------------------------|-------|
| PVC y polietileno de alta densidad       | 0.009 |
| Asbesto cemento                          | 0.010 |
| Hierro fundido nuevo                     | 0.013 |
| Hierro fundido usado                     | 0.017 |
| Concreto liso                            | 0.012 |
| Concreto rugoso                          | 0.016 |
| Mampostería con mortero de cemento       | 0.020 |
| Acero soldado con revestimiento interior | 0.011 |
| Acero sin revestimiento                  | 0.014 |
| Acero galvanizado nuevo o usado          | 0.014 |

Fuente: Rodríguez, 2007, p. 79.

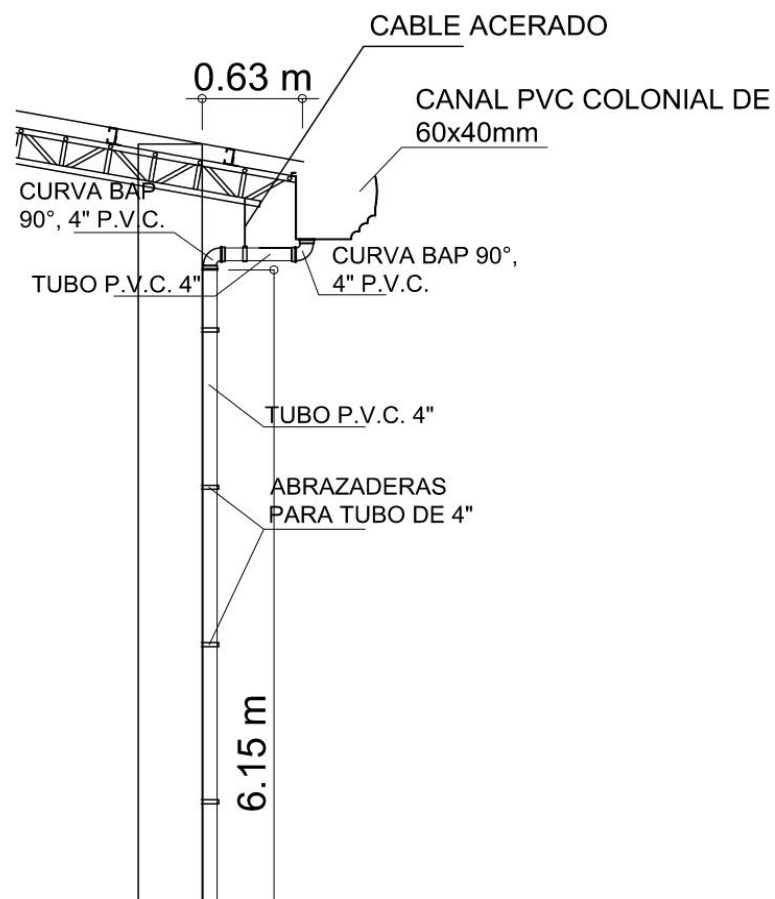
$$D = \left( \frac{691000 * 0.02272299 * 0.010}{0.015^{1/2}} \right)^{3/8} = 6.61 \text{ cm} = 2.60 \text{ pulg}$$

Por lo tanto, se propone tubería de 4 pulgadas de diámetro de PVC.

Para que el agua se conduzca hacia las bajadas de agua los canales se instalan con una pendiente de 1.5%.

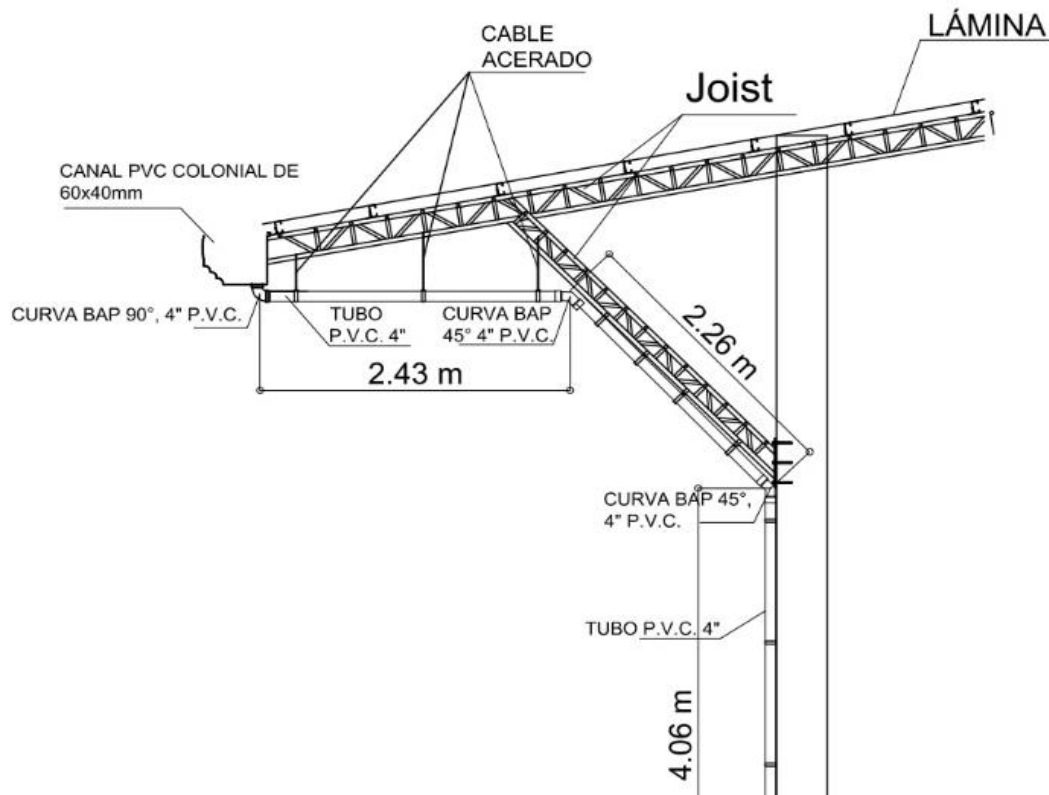
Los canales instalados en el techo serán de metal cuadrados y las bajadas de agua pluvial queda de la siguiente manera:

**Figura 120. Detalle 1 de canal metálico y bajadas de agua pluvial**



Fuente: elaboración propia

**Figura 121. Detalle 2 de canal metálico y bajadas de agua pluvial**



Fuente: elaboración propia

### 3.9. Presupuesto

El costo total del proyecto centro de capacitación en la Finca Escuela Trinacional de la Empresa Río Lempa es de \$ 79,532.86, setenta y nueve mil quinientos treinta y dos dólares con ochenta y seis centavos (Q 630,767.65, seiscientos treinta mil setecientos sesenta y siete quetzales con sesenta y cinco centavos).

El resumen del presupuesto se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 95. Resumen presupuesto centro de acopio**

| No.                | Renglón                                                         | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1                  | Trabajos preliminares                                           | 218.75   | m²     | \$ 4.57                    | \$ 999.95               | Q 7,869.66              |
| 2                  | Zapata de cimentación                                           | 10.00    | unidad | \$ 756.89                  | \$ 7,568.94             | Q 59,567.40             |
| 3                  | Columna C-1                                                     | 71.28    | m      | \$ 112.53                  | \$ 8,021.48             | Q 63,127.93             |
| 4                  | Columna C-2                                                     | 18.90    | m      | \$ 120.43                  | \$ 2,276.15             | Q 17,912.98             |
| 5                  | Vigas                                                           | 70.00    | m      | \$ 54.44                   | \$ 3,811.04             | Q 29,992.10             |
| 6                  | Solera de humedad                                               | 46.00    | m      | \$ 26.88                   | \$ 1,236.41             | Q 9,730.35              |
| 7                  | Solera intermedia tipo U                                        | 220.80   | m      | \$ 17.68                   | \$ 3,903.65             | Q 38,405.79             |
| 8                  | Columna C-3                                                     | 202.95   | m      | \$ 20.74                   | \$ 4,209.68             | Q 33,129.70             |
| 9                  | Levantado de block de 14 cm x 19 cm x 39 cm                     | 262.04   | m²     | \$ 32.71                   | \$ 8,572.25             | Q 64,627.94             |
| 10                 | Piso                                                            | 146.44   | m²     | \$ 81.16                   | \$ 11,885.55            | Q 93,539.64             |
| 11                 | Corredor y rampa                                                | 24.90    | m      | \$ 394.26                  | \$ 9,816.96             | Q 77,261.95             |
| 12                 | Acabados en columnas y paredes                                  | 22.55    | m²     | \$ 18.81                   | \$ 424.17               | Q 3,338.20              |
| 13                 | Cortina metálica enrollable de 3.50 m de ancho y 3.00 m de alto | 1.00     | unidad | \$ 1,428.44                | \$ 1,428.44             | Q 11,241.90             |
| 14                 | Balcón para ventana                                             | 2.00     | unidad | \$ 255.10                  | \$ 510.19               | Q 4,015.20              |
| 15                 | Instalación de bajada de agua pluvial, tubo PVC de 4 pulg       | 58.50    | m      | \$ 35.57                   | \$ 2,080.83             | Q 16,380.54             |
| 16                 | Suministro e instalación eléctrica (iluminación)                | 1.00     | unidad | \$ 1,422.53                | \$ 1,422.53             | Q 11,195.50             |
| 17                 | Suministro e instalación eléctrica (fuerza)                     | 1.00     | unidad | \$ 578.21                  | \$ 578.21               | Q 4,544.13              |
| 18                 | Vigas joist tridimensional 1                                    | 4.00     | unidad | \$ 715.65                  | \$ 2,862.59             | Q 22,527.11             |
| 19                 | Vigas joist tridimensional 2                                    | 4.00     | unidad | \$ 178.44                  | \$ 713.76               | Q 5,617.20              |
| 20                 | Cubierta de lámina aluminio-zinc acanalada cal 28               | 231.93   | m²     | \$ 27.79                   | \$ 6,444.49             | Q 50,717.24             |
| 21                 | Limpieza final                                                  | 218.75   | m²     | \$ 3.50                    | \$ 765.60               | Q 6,025.19              |
| <b>COSTO TOTAL</b> |                                                                 |          |        |                            | <b>\$ 79,532.86</b>     | <b>Q630,767.65</b>      |

Fuente: elaboración propia

### 3.9.1. Costos indirectos

El costo indirecto se determinó valorizando los gastos administrativos que requiere el proyecto para un periodo de 5 meses, representados mediante un porcentaje en el cual se aplica el IVA y Administración de Fondos de Pensiones - AFP -.

Los costos indirectos aplicados en el proyecto son los siguientes:

**Tabla 96. Gastos administrativos para 5 meses, centro de acopio**

| Mano de obra calificada |          |            |           |             |             |
|-------------------------|----------|------------|-----------|-------------|-------------|
| Plaza                   | Hora/día | Costo/hora | Costo/mes | Subtotal    | Subtotal    |
| Ingeniero               | 2        | \$ 7.62    | \$ 457.43 | \$ 2,287.17 | Q 18,000.00 |
| Secretaria              | 1        | \$ 1.91    | \$ 57.18  | \$ 285.90   | Q 1,429.48  |
| Contador                | 0.5      | \$ 2.54    | \$ 38.12  | \$ 190.60   | Q 952.99    |
| Dibujante               | 2        | \$ 2.54    | \$ 152.48 | \$ 762.39   | Q 3,811.94  |
| Total                   |          |            |           | \$ 3,526.05 | Q 24,194.41 |

| Alquileres y depreciaciones           |           |           |            |
|---------------------------------------|-----------|-----------|------------|
| Plaza                                 | Costo/mes | Subtotal  | Subtotal   |
| Alquiler de local                     | \$ 57.18  | \$ 285.90 | Q 2,250.00 |
| Energía eléctrica, internet, teléfono | \$ 38.12  | \$ 190.60 | Q 1,500.00 |
| Depreciación de oficina               | \$ 19.06  | \$ 95.30  | Q 750.00   |
| Total                                 |           | \$ 571.79 | Q 4,500.00 |

| Prestaciones   |            |             |             |             |
|----------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Reglón         | Porcentaje | Salario     | Subtotal    | Subtotal    |
| I.S.S.S.       | 10.50%     | \$ 3,526.05 | \$ 370.24   | Q 2,913.75  |
| Prestaciones   | 41.00%     | \$ 3,526.05 | \$ 1,445.68 | Q 11,377.50 |
| Seguros varios | 12.00%     | \$ 3,526.05 | \$ 423.13   | Q 3,330.00  |
| Total          |            |             | \$ 2,239.04 | Q 17,621.25 |

|                      |             |             |
|----------------------|-------------|-------------|
| Total                | \$ 6,336.88 | Q 46,315.66 |
| % de costos directos | 11%         | 11%         |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 97. Desglose de impuestos, centro de acopio**

| Desglose de impuestos                   |              |              |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|
| Descripción                             | Total        | Total        |
| Total de materiales                     | \$ 40,963.80 | Q 322,390.21 |
| Total de mano de obra                   | \$ 13,955.76 | Q 109,831.83 |
| Total de maquinaria y equipo            | \$ 743.33    | Q 5,850.00   |
| Total costos directos                   | \$ 55,662.88 | Q 438,072.04 |
| Utilidad (15% de costos directos)       | \$ 8,349.43  | Q 65,710.81  |
| ISR (7.5% sobre utilidad)               | \$ 626.21    | Q 4,928.31   |
| IVA (13% sobre utilidad y mano de obra) | \$ 2,899.67  | Q 22,820.54  |
| Total                                   | \$ 3,525.88  | Q 27,748.85  |
| % de costos indirectos                  | 6%           | 6%           |

Fuente: elaboración propia

### 3.9.2. Integración de precios unitarios

Se muestra la integración de costos unitarios por renglón de trabajo del Centro de Capacitación en la Finca Escuela Trinacional, Candelaria de la Frontera, Santa Ana, El Salvador.

**Tabla 98. Trabajos preliminares, centro de acopio**

| No. | Renglón               | Cantidad | Unidad         | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------|----------|----------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1   | Trabajos preliminares | 218.75   | m <sup>2</sup> | \$ 4.57                    | \$ 999.95               | Q 7,869.66              |

| Materiales de construcción |                                             |          |        |                 |          |          |
|----------------------------|---------------------------------------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.                        | Descripción                                 | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| 1                          | Hilo de nylon carrete de 100 m              | 1.00     | rollo  | \$ 1.50         | \$ 1.50  | Q 11.80  |
| 2                          | Regla de madera de 3 pulg x 2 pulg x 10 pie | 8.00     | unidad | \$ 3.00         | \$ 24.00 | Q 188.88 |
| 3                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie | 4.00     | unidad | \$ 3.50         | \$ 14.00 | Q 110.16 |
| 4                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                | 4.00     | libra  | \$ 1.50         | \$ 6.00  | Q 47.20  |
| 5                          | Cal hidratada                               | 3.00     | saco   | \$ 4.50         | \$ 13.50 | Q 106.26 |
| Total materiales           |                                             |          |        | \$ 59.00        | Q 464.30 |          |

| Mano de obra |                       |          |                |                 |            |            |
|--------------|-----------------------|----------|----------------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción           | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Chapeo                | 218.75   | m <sup>2</sup> | \$ 0.89         | \$ 194.57  | Q 1,531.25 |
| ii           | Replanteo topográfico | 218.75   | m <sup>2</sup> | \$ 1.27         | \$ 277.95  | Q 2,187.50 |
| iii          | Trazo y estaqueo      | 218.75   | m <sup>2</sup> | \$ 0.89         | \$ 194.57  | Q 1,531.25 |
| Total m.o.   |                       |          |                | \$ 667.09       | Q 5,250.00 |            |

|                     |  |  |  |           |            |  |
|---------------------|--|--|--|-----------|------------|--|
| Total costo directo |  |  |  | \$ 726.09 | Q 5,714.30 |  |
|---------------------|--|--|--|-----------|------------|--|

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 726.09     | 5%  | \$ 36.30  | Q 285.72   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 726.09     | 6%  | \$ 45.99  | Q 361.96   |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 726.09     | 11% | \$ 82.66  | Q 650.53   |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 726.09     | 15% | \$ 108.91 | Q 857.15   |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 273.86 | Q 2,155.36 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 99. Zapata de cimentación, centro de acopio**

| No. | Renglón               | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 2   | Zapata de cimentación | 10       | unidad | \$ 756.89                  | \$ 7,568.94             | Q 59,567.40             |

**INTEGRACIÓN DE COSTO UNITARIO**

| Materiales de construcción |                                                   |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|---------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                       | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                             | 238.00   | saco    | \$ 9.00         | \$ 2,142.00 | Q 16,857.54 |
| 2                          | Arena de río                                      | 12.00    | m³      | \$ 30.00        | \$ 360.00   | Q 2,833.20  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                 | 11.00    | m³      | \$ 45.00        | \$ 495.00   | Q 3,895.65  |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/4 pulg, G60 legítimo | 110.00   | varilla | \$ 13.00        | \$ 1,430.00 | Q 11,254.10 |
| 5                          | Alambre de amarre calibre 16                      | 15.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 11.25    | Q 88.50     |
| Total materiales           |                                                   |          |         | \$ 4,438.25     | Q 34,928.99 |             |

| Mano de obra |             |          |        |                 |            |            |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Excavación  | 96.80    | m³     | \$ 5.72         | \$ 553.49  | Q 4,356.00 |
| ii           | Armado      | 10.00    | unidad | \$ 3.56         | \$ 35.58   | Q 280.00   |
| iii          | Fundición   | 16.94    | m³     | \$ 25.41        | \$ 430.50  | Q 3,388.00 |
| Total m.o.   |             |          |        | \$ 1,019.57     | Q 8,024.00 |            |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |          |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 1        | día    | \$ 38.12        | \$ 38.12 | Q 300.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$ 38.12        | Q 300.00 |          |

**Total costo directo \$ 5,495.94 Q 43,252.99**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 5,495.94   | 5%  | \$ 274.80   | Q 2,162.65  |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 5,495.94   | 6%  | \$ 348.13   | Q 2,739.78  |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 5,495.94   | 11% | \$ 625.68   | Q 4,924.03  |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 5,495.94   | 15% | \$ 824.39   | Q 6,487.95  |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 2,073.00 | Q 16,314.41 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 100. Columna C-1**

| No. | Renglón     | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 3   | Columna C-1 | 61.60    | m      | \$ 112.53                  | \$ 6,932.14             | Q 54,555.00             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                         |                    |                    |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario         | Total              | Total              |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 106.00   | saco    | \$ 9.00                 | \$ 954.00          | Q 7,507.98         |
| 2                          | Arena de río                                               | 6.00     | m³      | \$ 30.00                | \$ 180.00          | Q 1,416.60         |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 5.00     | m³      | \$ 45.00                | \$ 225.00          | Q 1,770.75         |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 1 pulg, G60 legítimo            | 43.00    | varilla | \$ 22.00                | \$ 946.00          | Q 7,445.02         |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 9/8 pulg, G60 legítimo          | 43.00    | varilla | \$ 26.00                | \$ 1,118.00        | Q 8,798.66         |
| 6                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo               | 114.00   | varilla | \$ 3.35                 | \$ 381.90          | Q 3,005.04         |
| 7                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 32.00    | libra   | \$ 0.75                 | \$ 24.00           | Q 188.80           |
| 8                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 2.00     | libra   | \$ 1.50                 | \$ 3.00            | Q 23.60            |
| 9                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie | 4.00     | unidad  | \$ 3.50                 | \$ 14.00           | Q 110.16           |
| 10                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 7.000    | unidad  | \$ 3.50                 | \$ 24.50           | Q 192.78           |
|                            |                                                            |          |         | <b>Total materiales</b> | <b>\$ 3,870.40</b> | <b>Q 30,459.39</b> |

| Mano de obra |                                     |          |          |                   |                    |                   |
|--------------|-------------------------------------|----------|----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad   | Precio unitario   | Total              | Total             |
| i            | Armado                              | 61.6     | m        | \$ 3.81           | \$ 234.82          | Q 1,848.00        |
| ii           | Elaboración de estribos             | 662.00   | unidades | \$ 0.25           | \$ 168.23          | Q 1,324.00        |
| iii          | Colocación y nivelación             | 61.6     | m        | \$ 3.81           | \$ 234.82          | Q 1,848.00        |
| iv           | Formaleteado                        | 61.6     | m        | \$ 2.54           | \$ 156.54          | Q 1,232.00        |
| v            | Elaboración y fundición de concreto | 7.55     | m³       | \$ 25.41          | \$ 191.77          | Q 1,509.20        |
| vi           | Desencofrado                        | 61.6     | m        | \$ 1.02           | \$ 62.62           | Q 492.80          |
|              |                                     |          |          | <b>Total m.o.</b> | <b>\$ 1,048.79</b> | <b>Q 8,254.00</b> |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                      |                  |                 |
|---------------------|-------------|----------|--------|----------------------|------------------|-----------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario      | Total            | Total           |
| i                   | Mezcladora  | 3        | día    | \$ 38.12             | \$ 114.36        | Q 900.00        |
|                     |             |          |        | <b>Total m. y e.</b> | <b>\$ 114.36</b> | <b>Q 900.00</b> |

**Total costo directo \$ 5,033.55 Q 39,613.39**

| Costos indirectos |                                              |               |     |                   |                    |                    |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------------|--------------------|--------------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total             | Total              | Total              |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 5,033.55   | 5%  | \$ 251.68         | Q 1,980.67         |                    |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 5,033.55   | 6%  | \$ 318.84         | Q 2,509.24         |                    |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 5,033.55   | 11% | \$ 573.04         | Q 4,509.69         |                    |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 5,033.55   | 15% | \$ 755.03         | Q 5,942.01         |                    |
|                   |                                              |               |     | <b>Total c.i.</b> | <b>\$ 1,898.59</b> | <b>Q 14,941.61</b> |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 101. Columna C-2**

| No. | Renglón     | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 4   | Columna C-2 | 16.40    | m      | \$ 120.43                  | \$ 1,975.07             | Q 15,543.54             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |           |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 29.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 261.00 | Q 2,054.07 |
| 2                          | Arena de río                                               | 2.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 60.00  | Q 472.20   |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 2.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 90.00  | Q 708.30   |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 1 pulg, G60 legítimo            | 12.00    | varilla | \$ 22.00        | \$ 264.00 | Q 2,077.68 |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 9/8 pulg, G60 legítimo          | 12.00    | varilla | \$ 26.00        | \$ 312.00 | Q 2,455.44 |
| 6                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo               | 31.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 103.85 | Q 817.16   |
| 7                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 9.00     | libra   | \$ 0.75         | \$ 6.75   | Q 53.10    |
| 8                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 1.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 1.50   | Q 11.80    |
| 9                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie | 2.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 7.00   | Q 55.08    |
| 10                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 3.000    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 10.50  | Q 82.62    |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$              | 1,116.60  | Q 8,787.45 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |          |            |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|----------|------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total      |
| i            | Armado                              | 16.40    | m      | \$ 3.81         | \$ 62.52 | Q 492.00   |
| ii           | Elaboración de estribos             | 177.00   | Unidad | \$ 0.25         | \$ 44.98 | Q 354.00   |
| iii          | Colocación y nivelación             | 16.40    | m      | \$ 3.81         | \$ 62.52 | Q 492.00   |
| iv           | Formaleteado                        | 16.40    | m      | \$ 2.54         | \$ 41.68 | Q 328.00   |
| v            | Elaboración y fundición de concreto | 2.01     | m³     | \$ 25.41        | \$ 51.05 | Q 401.80   |
| vi           | Desencofrado                        | 16.40    | m      | \$ 1.02         | \$ 16.67 | Q 131.20   |
| Total m.o.   |                                     |          |        | \$              | 279.42   | Q 2,199.00 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |          |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 1        | día    | \$ 38.12        | \$ 38.12 | Q 300.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$              | 38.12    | Q 300.00 |

Total costo directo \$ 1,434.13 Q 11,286.45

| Costos indirectos |                                              |                  |     |           |            |
|-------------------|----------------------------------------------|------------------|-----|-----------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo<br>directo | %   | Total     | Total      |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 1,434.13      | 5%  | \$ 71.71  | Q 564.32   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,434.13      | 6%  | \$ 90.84  | Q 714.92   |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,434.13      | 11% | \$ 163.27 | Q 1,284.88 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,434.13      | 15% | \$ 215.12 | Q 1,692.97 |
| Total c.i.        |                                              |                  |     | \$ 540.94 | Q 4,257.09 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 102. Vigas**

| No. | Renglón | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|---------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 5   | Vigas   | 70.00    | m      | \$ 54.44                   | \$ 3,811.04             | Q 29,992.10             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |                    |                    |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|--------------------|--------------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total              | Total              |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 79.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 711.00          | Q 5,595.57         |
| 2                          | Arena de río                                               | 4.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 120.00          | Q 944.40           |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 4.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 180.00          | Q 1,416.60         |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 5/8 pulg, G60 legítimo          | 25.00    | varilla | \$ 9.00         | \$ 225.00          | Q 1,770.75         |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo          | 37.00    | varilla | \$ 5.40         | \$ 199.80          | Q 1,572.50         |
| 6                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo          | 13.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 43.55           | Q 342.68           |
| 7                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo               | 93.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 311.55          | Q 2,451.48         |
| 8                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 19.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 14.25           | Q 112.10           |
| 9                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 2.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 3.00            | Q 23.60            |
| 10                         | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 4.00     | unidad  | \$ 3.00         | \$ 12.00           | Q 94.44            |
| 11                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 5.000    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 17.50           | Q 137.70           |
| <b>Total materiales</b>    |                                                            |          |         |                 | <b>\$ 1,837.65</b> | <b>Q 14,461.82</b> |

| Mano de obra      |                                     |          |        |                 |                  |                   |
|-------------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|------------------|-------------------|
| No.               | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total            | Total             |
| i                 | Armado                              | 70.00    | m      | \$ 3.81         | \$ 266.84        | Q 2,100.00        |
| ii                | Elaboración de estribos             | 768.00   | Unidad | \$ 0.25         | \$ 195.17        | Q 1,536.00        |
| iii               | Formaleteado                        | 70.00    | m      | \$ 2.54         | \$ 177.89        | Q 1,400.00        |
| iv                | Elaboración y fundición de concreto | 5.60     | m³     | \$ 25.41        | \$ 142.31        | Q 1,120.00        |
| v                 | Desencofrado                        | 70.00    | m      | \$ 1.02         | \$ 71.16         | Q 560.00          |
| <b>Total m.o.</b> |                                     |          |        |                 | <b>\$ 853.37</b> | <b>Q 6,716.00</b> |

| Maquinaria y equipo  |             |          |        |                 |                 |                 |
|----------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| No.                  | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total           | Total           |
| i                    | Mezcladora  | 2.00     | día    | \$ 38.12        | \$ 76.24        | Q 600.00        |
| <b>Total m. y e.</b> |             |          |        |                 | <b>\$ 76.24</b> | <b>Q 600.00</b> |

**Total costo directo      \$    2,767.26    Q   21,777.82**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total      |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 2,767.26   | 5%  | \$ 138.36   | Q 1,088.89 |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 2,767.26   | 6%  | \$ 175.29   | Q 1,379.48 |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 2,767.26   | 11% | \$ 315.04   | Q 2,479.24 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 2,767.26   | 15% | \$ 415.09   | Q 3,266.67 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 1,043.78 | Q 8,214.28 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 103. Solera de humedad, centro de acopio**

| No. | Renglón           | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 6   | Solera de humedad | 46       | m      | \$ 26.88                   | \$ 1,236.41             | Q 9,730.35              |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |            |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|------------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total      | Total      |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 20.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 180.00  | Q 1,416.60 |
| 2                          | Arena de río                                               | 1.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 30.00   | Q 236.10   |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 1.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 45.00   | Q 354.15   |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo          | 32.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 107.20  | Q 843.52   |
| 5                          | Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo               | 37.00    | varilla | \$ 1.25         | \$ 46.25   | Q 364.08   |
| 6                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 11.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 8.25    | Q 64.90    |
| 7                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 4.00     | unidad  | \$ 3.00         | \$ 12.00   | Q 94.44    |
| 8                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 2.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 3.00    | Q 23.60    |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$ 431.70       | Q 3,397.39 |            |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |            |            |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Armado                              | 46.00    | m      | \$ 3.81         | \$ 175.35  | Q 1,380.00 |
| ii           | Elaboración de estribos             | 212.00   | Unidad | \$ 0.25         | \$ 53.88   | Q 424.00   |
| iii          | Formaleteado                        | 46.00    | m      | \$ 2.54         | \$ 116.90  | Q 920.00   |
| iv           | Elaboración y fundición de concreto | 1.38     | m³     | \$ 25.41        | \$ 35.07   | Q 276.00   |
| v            | Desencofrado                        | 46.00    | m      | \$ 1.02         | \$ 46.76   | Q 368.00   |
| Total m.o.   |                                     |          |        | \$ 427.95       | Q 3,368.00 |            |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |          |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 1.00     | día    | \$ 38.12        | \$ 38.12 | Q 300.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$ 38.12        | Q 300.00 |          |

**Total costo directo \$ 897.77 Q 7,065.39**

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 897.77     | 5%  | \$ 44.89  | Q 353.27   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 897.77     | 6%  | \$ 56.87  | Q 447.54   |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 897.77     | 11% | \$ 102.21 | Q 804.34   |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 897.77     | 15% | \$ 134.67 | Q 1,059.81 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 338.64 | Q 2,664.96 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 104. Solera intermedia tipo U**

| No. | Renglón                  | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|--------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 7   | Solera intermedia tipo U | 276      | m      | \$ 17.68                   | \$ 4,879.56             | Q 38,405.79             |

| Materiales de construcción |                                                                  |          |         |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                      | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland                                            | 54.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 486.00   | Q 3,824.82  |
| 2                          | Arena de río                                                     | 4.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 120.00   | Q 944.40    |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                                | 4.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 180.00   | Q 1,416.60  |
| 4                          | Block tipo solera (block "U") 14 cm x 19 cm x 39 cm de 35 kg/cm² | 690.00   | unidad  | \$ 0.65         | \$ 448.50   | Q 3,532.80  |
| 5                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo                | 95.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 318.25   | Q 2,504.20  |
| 6                          | Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo                     | 59.00    | varilla | \$ 1.25         | \$ 73.75    | Q 580.56    |
| 7                          | Alambre de amarre calibre 16                                     | 52.00    | libra   | \$ 0.75         | \$ 39.00    | Q 306.80    |
| 8                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie       | 5.00     | unidad  | \$ 3.00         | \$ 15.00    | Q 118.05    |
| 9                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                      | 10.000   | unidad  | \$ 3.50         | \$ 35.00    | Q 275.40    |
| Total materiales           |                                                                  |          |         |                 | \$ 1,715.50 | Q 13,503.63 |

| Mano de obra |                                     |          |        |                 |             |             |
|--------------|-------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Armado                              | 276.00   | m      | \$ 3.81         | \$ 1,052.10 | Q 8,280.00  |
| ii           | Elaboración de estribos             | 2116.00  | Unidad | \$ 0.25         | \$ 537.74   | Q 4,232.00  |
| iii          | Elaboración y fundición de concreto | 4.86     | m³     | \$ 25.41        | \$ 123.45   | Q 971.52    |
| Total m.o.   |                                     |          |        |                 | \$ 1,713.28 | Q 13,483.52 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 3.00     | día    | \$ 38.12        | \$ 114.36 | Q 900.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        |                 | \$ 114.36 | Q 900.00 |

**Total costo directo \$ 3,543.14 Q 27,887.15**

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total       | Total       |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 3,543.14   | 5%  | \$ 177.16 | Q 1,394.36  |             |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 3,543.14   | 6%  | \$ 224.43 | Q 1,766.46  |             |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 3,543.14   | 11% | \$ 403.36 | Q 3,174.75  |             |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 3,543.14   | 15% | \$ 531.47 | Q 4,183.07  |             |
| Total c.i.        |                                              |               |     |           | \$ 1,336.42 | Q 10,518.64 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 105. Columna C-3**

| No. | Renglón     | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 8   | Columna C-3 | 104.52   | m      | \$ 20.74                   | \$ 2,168.00             | Q 17,061.92             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |         |                 |            |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|------------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total      | Total      |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 21.00    | saco    | \$ 9.00         | \$ 189.00  | Q 1,487.43 |
| 2                          | Arena de río                                               | 2.00     | m³      | \$ 30.00        | \$ 60.00   | Q 472.20   |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg                                          | 2.00     | m³      | \$ 45.00        | \$ 90.00   | Q 708.30   |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo          | 72.00    | varilla | \$ 3.35         | \$ 241.20  | Q 1,897.92 |
| 5                          | Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo               | 104.00   | varilla | \$ 1.25         | \$ 130.00  | Q 1,023.36 |
| 6                          | Alambre de amarre calibre 16                               | 2.00     | libra   | \$ 0.75         | \$ 1.50    | Q 11.80    |
| 7                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 4.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 6.00    | Q 47.20    |
| 8                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 4.00     | unidad  | \$ 3.00         | \$ 12.00   | Q 94.44    |
| 9                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 8.000    | unidad  | \$ 3.50         | \$ 28.00   | Q 220.32   |
| Total materiales           |                                                            |          |         | \$ 757.70       | Q 5,962.97 |            |

| Mano de obra |             |          |        |                 |            |            |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Armado      | 104.52   | m      | \$ 3.81         | \$ 398.42  | Q 3,135.60 |
| ii           | Fundición   | 104.52   | m      | \$ 2.54         | \$ 265.62  | Q 2,090.40 |
| Total m.o.   |             |          |        | \$ 664.04       | Q 5,226.00 |            |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |            |            |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i                   | Mezcladora  | 4.00     | día    | \$ 38.12        | \$ 152.48  | Q 1,200.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        | \$ 152.48       | Q 1,200.00 |            |

Total costo directo \$ 1,574.22 Q 12,388.97

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 1,574.22   | 5%  | \$ 78.71  | Q 619.45   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,574.22   | 6%  | \$ 99.72  | Q 784.76   |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,574.22   | 11% | \$ 179.22 | Q 1,410.39 |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,574.22   | 15% | \$ 236.13 | Q 1,858.35 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 593.78 | Q 4,672.95 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 106. Levantado de block**

| No. | Renglón                                     | Cantidad | Unidad         | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|---------------------------------------------|----------|----------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 9   | Levantado de block de 14 cm x 19 cm x 39 cm | 251      | m <sup>2</sup> | \$ 32.71                   | \$ 8,211.09             | Q 64,627.94             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |                |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Block 14 cm x 19 cm x 19 cm de 35 kg/cm <sup>2</sup>       | 3,263.00 | Unidad         | \$ 0.55         | \$ 1,794.65 | Q 14,128.79 |
| 2                          | Cemento tipo portland                                      | 57.00    | saco           | \$ 9.00         | \$ 513.00   | Q 4,037.31  |
| 3                          | Cal hidratada                                              | 15.00    | saco           | \$ 4.50         | \$ 67.50    | Q 531.30    |
| 4                          | Arena de río                                               | 7.00     | m <sup>2</sup> | \$ 30.00        | \$ 210.00   | Q 1,652.70  |
| 5                          | Plancha de poliestireno expandido de 1 pulg x 20cm x 1m    | 155.00   | unidad         | \$ 9.00         | \$ 1,395.00 | Q 10,978.65 |
| 6                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 9.00     | unidad         | \$ 3.00         | \$ 27.00    | Q 212.49    |
| 7                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 18.00    | unidad         | \$ 3.50         | \$ 63.00    | Q 495.72    |
| Total materiales           |                                                            |          |                |                 | \$ 4,070.15 | Q 32,036.96 |

| Mano de obra |                    |          |                |                 |             |             |
|--------------|--------------------|----------|----------------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción        | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Mezcla de mortero  | 3.77     | m <sup>3</sup> | \$ 6.99         | \$ 26.31    | Q 207.08    |
| ii           | Levantado de block | 3263.00  | Unidad         | \$ 0.57         | \$ 1,865.76 | Q 14,683.50 |
| Total m.o.   |                    |          |                |                 | \$ 1,892.07 | Q 14,890.58 |

**Total costo directo \$ 5,962.22 Q 46,927.54**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 5,962.22   | 5%  | \$ 298.11   | Q 2,346.38  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 5,962.22   | 6%  | \$ 377.67   | Q 2,972.54  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 5,962.22   | 11% | \$ 678.76   | Q 5,342.35  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 5,962.22   | 15% | \$ 894.33   | Q 7,039.13  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 2,248.87 | Q 17,700.40 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 107. Piso**

| No. | Renglón | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|---------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 10  | Piso    | 146.44   | m²     | \$ 81.16                   | \$ 11,885.55            | Q 93,539.64             |

| Materiales de construcción |                                 |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|---------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                     | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Cemento tipo portland           | 149.00   | saco   | \$ 9.00         | \$ 1,341.00 | Q 10,553.67 |
| 2                          | Arena de río                    | 9.00     | m³     | \$ 30.00        | \$ 270.00   | Q 2,124.90  |
| 3                          | Grava de 1/2 pulg               | 16.00    | m³     | \$ 45.00        | \$ 720.00   | Q 5,666.40  |
| 4                          | Electromalla tipo 6x6, 10-10    | 147.00   | m²     | \$ 2.25         | \$ 330.75   | Q 2,603.37  |
| 5                          | Material selecto puesto en obra | 223.00   | m³     | \$ 20.00        | \$ 4,460.00 | Q 35,100.20 |
| Total materiales           |                                 |          |        |                 | \$ 7,121.75 | Q 56,048.54 |

| Mano de obra |                                                     |          |        |                 |             |             |
|--------------|-----------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción                                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Excavación                                          | 73.22    | m³     | \$ 3.18         | \$ 232.59   | Q 1,830.50  |
| ii           | Rellenar y Compactar a mano con pizón capas de 10cm | 212.34   | m³     | \$ 3.81         | \$ 809.42   | Q 6,370.14  |
| iii          | Colocación de electromalla                          | 146.44   | m²     | \$ 0.25         | \$ 37.21    | Q 292.88    |
| iv           | Elaboración y fundición de concreto                 | 14.64    | m³     | \$ 25.41        | \$ 372.15   | Q 2,928.80  |
| Total m.o.   |                                                     |          |        |                 | \$ 1,451.37 | Q 11,422.32 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |          |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 1.00     | día    | \$ 38.12        | \$ 38.12 | Q 300.00 |
| ii                  | Bailarina   | 1.00     | día    | \$ 19.06        | \$ 19.06 | Q 150.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        |                 | \$ 57.18 | Q 450.00 |

**Total costo directo \$ 8,630.30 Q 67,920.86**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |             |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 8,630.30   | 5%  | \$ 431.52   | Q 3,396.04  |             |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 8,630.30   | 6%  | \$ 546.67   | Q 4,302.32  |             |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 8,630.30   | 11% | \$ 982.51   | Q 7,732.29  |             |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 8,630.30   | 15% | \$ 1,294.55 | Q 10,188.13 |             |
| Total c.i.        |                                              |               |     |             | \$ 3,255.25 | Q 25,618.78 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 108. Corredor y rampa**

| No. | Renglón          | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 11  | Corredor y rampa | 24.9     | m      | \$ 394.26                  | \$ 9,816.96             | Q 77,261.95             |

| Materiales de construcción |                                          |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                              | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Block 14 cm x 19 cm x 19 cm de 35 kg/cm² | 1,034.00 | unidad | \$ 0.55         | \$ 568.70   | Q 4,477.22  |
| 2                          | Cemento tipo portland                    | 175.00   | saco   | \$ 9.00         | \$ 1,575.00 | Q 12,395.25 |
| 3                          | Arena de río                             | 2.00     | m³     | \$ 30.00        | \$ 60.00    | Q 472.20    |
| 4                          | Grava de 1/2 pulg                        | 2.00     | m³     | \$ 45.00        | \$ 90.00    | Q 708.30    |
| 5                          | Cal hidratada                            | 5.00     | saco   | \$ 4.50         | \$ 22.50    | Q 177.10    |
| 6                          | Electromalla tipo 6x6, 10-10             | 100.00   | m²     | \$ 2.25         | \$ 225.00   | Q 1,771.00  |
| 7                          | Material selecto puesto en obra          | 152.00   | m³     | \$ 20.00        | \$ 3,040.00 | Q 23,924.80 |
| Total materiales           |                                          |          |        |                 | \$ 5,581.20 | Q 43,925.87 |

| Mano de obra |                                                     |          |        |                 |             |             |
|--------------|-----------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.          | Descripción                                         | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| i            | Excavación                                          | 37.35    | m³     | \$ 3.18         | \$ 118.65   | Q 933.75    |
| ii           | Rellenar y Compactar a mano con pizón capas de 10cm | 108.32   | m³     | \$ 3.81         | \$ 412.89   | Q 3,249.45  |
| iii          | Mezcla de mortero                                   | 1.40     | m³     | \$ 4.45         | \$ 6.21     | Q 48.86     |
| iv           | Levantado de block                                  | 1,034.00 | Unidad | \$ 0.57         | \$ 591.23   | Q 4,653.00  |
| v            | Colocación de electromalla                          | 74.70    | m²     | \$ 0.25         | \$ 18.98    | Q 149.40    |
| vi           | Elaboración y fundición de concreto                 | 11.21    | m³     | \$ 25.41        | \$ 284.75   | Q 2,241.00  |
| Total m.o.   |                                                     |          |        |                 | \$ 1,432.71 | Q 11,275.46 |

| Maquinaria y equipo |             |          |        |                 |           |          |
|---------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-----------|----------|
| No.                 | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total    |
| i                   | Mezcladora  | 2.00     | día    | \$ 38.12        | \$ 76.24  | Q 600.00 |
| ii                  | Bailarina   | 2.00     | día    | \$ 19.06        | \$ 38.12  | Q 300.00 |
| Total m. y e.       |             |          |        |                 | \$ 114.36 | Q 900.00 |

**Total costo directo \$ 7,128.27 Q 56,101.33**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 7,128.27   | 5%  | \$ 356.41   | Q 2,805.07  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 7,128.27   | 6%  | \$ 451.53   | Q 3,553.63  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 7,128.27   | 11% | \$ 811.51   | Q 6,386.72  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 7,128.27   | 15% | \$ 1,069.24 | Q 8,415.20  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 2,688.69 | Q 21,160.62 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 109. Acabado en columnas y paredes**

| No. | Renglón                        | Cantidad | Unidad         | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|--------------------------------|----------|----------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 12  | Acabados en columnas y paredes | 19.50    | m <sup>2</sup> | \$ 18.81                   | \$ 366.88               | Q 2,887.33              |

| Materiales de construcción |                                                            |          |                |                  |                 |          |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|----------------|------------------|-----------------|----------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad         | Precio unitario  | Total           | Total    |
| 1                          | Cemento tipo portland                                      | 4.00     | saco           | \$ 9.00          | \$ 36.00        | Q 283.32 |
| 2                          | Arena de río                                               | 1.00     | m <sup>3</sup> | \$ 30.00         | \$ 30.00        | Q 236.10 |
| 3                          | Cal hidratada                                              | 6.00     | saco           | \$ 4.50          | \$ 27.00        | Q 212.52 |
| 4                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 3.00     | unidad         | \$ 3.00          | \$ 9.00         | Q 70.83  |
| 5                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 3.00     | unidad         | \$ 3.50          | \$ 10.50        | Q 82.62  |
| 6                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 2.00     | libra          | \$ 1.50          | \$ 3.00         | Q 23.60  |
| <b>Total materiales</b>    |                                                            |          |                | <b>\$ 115.50</b> | <b>Q 908.99</b> |          |

| Mano de obra      |                            |          |                |                  |                   |          |
|-------------------|----------------------------|----------|----------------|------------------|-------------------|----------|
| No.               | Descripción                | Cantidad | Unidad         | Precio unitario  | Total             | Total    |
| i                 | Hecha de repello y cernido | 0.29     | m <sup>3</sup> | \$ 7.62          | \$ 2.23           | Q 17.55  |
| ii                | Repello                    | 19.50    | m <sup>2</sup> | \$ 3.81          | \$ 74.33          | Q 585.00 |
| iii               | Cernido                    | 19.50    | m <sup>2</sup> | \$ 3.81          | \$ 74.33          | Q 585.00 |
| <b>Total m.o.</b> |                            |          |                | <b>\$ 150.90</b> | <b>Q 1,187.55</b> |          |

**Total costo directo      \$ 266.40    Q 2,096.54**

| Costos indirectos |                                              |               |     |                  |                 |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|------------------|-----------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total            | Total           |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 266.40     | 5%  | \$ 13.32         | Q 104.83        |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 266.40     | 6%  | \$ 16.87         | Q 132.80        |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 266.40     | 11% | \$ 30.33         | Q 238.68        |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 266.40     | 15% | \$ 39.96         | Q 314.48        |  |
| <b>Total c.i.</b> |                                              |               |     | <b>\$ 100.48</b> | <b>Q 790.79</b> |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 110. Cortina metálica enrollable**

| No. | Renglón                                                         | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 13  | Cortina metálica enrollable de 3.50 m de ancho y 3.00 m de alto | 1        | Unidad | \$ 1,428.44                | \$ 1,428.44             | Q 11,241.90             |

| Materiales de construcción |                                                            |          |        |                 |           |            |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Cortina metálica enrollable de 3.50 m x 3.00 m             | 1.00     | unidad | \$ 991.10       | \$ 991.10 | Q 7,800.00 |
| 2                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie | 1.00     | unidad | \$ 3.00         | \$ 3.00   | Q 23.61    |
| 3                          | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                | 1.00     | unidad | \$ 3.50         | \$ 3.50   | Q 27.54    |
| 4                          | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                               | 1.00     | libra  | \$ 1.50         | \$ 1.50   | Q 11.80    |
| Total materiales           |                                                            |          |        | \$              | 999.10    | Q 7,862.95 |

| Mano de obra |             |          |        |                 |          |          |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i            | Instalación | 1        | unidad | \$ 38.12        | \$ 38.12 | Q 300.00 |
| Total m.o.   |             |          |        | \$              | 38.12    | Q 300.00 |

**Total costo directo      \$      1,037.22    Q    8,162.95**

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |                      |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|----------------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total                |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 1,037.22   | 5%  | \$ 51.86  | Q 408.15             |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,037.22   | 6%  | \$ 65.70  | Q 517.07             |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,037.22   | 11% | \$ 118.08 | Q 929.29             |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,037.22   | 15% | \$ 155.58 | Q 1,224.44           |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$        | 391.22    Q 3,078.95 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 111. Balcón para ventana**

| No. | Renglón             | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|---------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 14  | Balcón para ventana | 2        | Unidad | \$ 255.10                  | \$ 510.19               | Q 4,015.20              |

| Materiales de construcción |                                                             |          |         |                 |           |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------|----------|---------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                                 | Cantidad | Unidad  | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Tubo sencillo cuadrado de 1/2 pulg, chapa 18 x 6 m de largo | 2.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 7.00   | Q 55.08    |
| 2                          | Varilla plana de 1/2 pulg x 1/8 pulg x 6 m de largo         | 1.00     | unidad  | \$ 1.60         | \$ 1.60   | Q 12.59    |
| 3                          | Varilla de acero liso 1/2 pulg, G60 legítimo                | 10.00    | varilla | \$ 5.40         | \$ 54.00  | Q 425.00   |
| 4                          | Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo           | 1.00     | varilla | \$ 3.35         | \$ 3.35   | Q 26.36    |
| 5                          | Epoxico SIKa N31, metal en concreto endurecido              | 1.00     | 1/4 gal | \$ 20.00        | \$ 20.00  | Q 157.40   |
| 6                          | Silicon en liquido                                          | 1.00     | tubo    | \$ 10.00        | \$ 10.00  | Q 78.70    |
| 7                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013                                  | 3.00     | libra   | \$ 1.25         | \$ 3.75   | Q 29.52    |
| 8                          | Pintura anticorrosiva color galvanizado                     | 1.00     | cubeta  | \$ 170.00       | \$ 170.00 | Q 1,337.90 |
| 9                          | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie  | 1.00     | unidad  | \$ 3.00         | \$ 3.00   | Q 23.61    |
| 10                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                 | 1.00     | unidad  | \$ 3.50         | \$ 3.50   | Q 27.54    |
| 11                         | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                                | 1.00     | libra   | \$ 1.50         | \$ 1.50   | Q 11.80    |
| Total materiales           |                                                             |          |         | \$              | 277.70    | Q 2,185.50 |

| Mano de obra |                  |          |        |                 |          |          |
|--------------|------------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.          | Descripción      | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i            | Armado y soldado | 2        | Unidad | \$ 22.24        | \$ 44.47 | Q 350.00 |
| ii           | Instalar         | 2        | Unidad | \$ 12.71        | \$ 25.41 | Q 200.00 |
| iii          | pintar balcón    | 2        | Unidad | \$ 11.44        | \$ 22.87 | Q 180.00 |
| Total m.o.   |                  |          |        | \$              | 92.76    | Q 730.00 |

Total costo directo \$ 370.46 Q 2,915.50

| Costos indirectos |                                              |               |     |          |          |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|----------|----------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total    | Total    |            |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 370.46     | 5%  | \$ 18.52 | Q 145.78 |            |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 370.46     | 6%  | \$ 23.47 | Q 184.68 |            |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 370.46     | 11% | \$ 42.17 | Q 331.91 |            |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 370.46     | 15% | \$ 55.57 | Q 437.33 |            |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$       | 139.73   | Q 1,099.70 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 112. Instalación de bajada de agua pluvial**

| No. | Renglón                                                   | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|-----------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 15  | Instalación de bajada de agua pluvial, tubo PVC de 4 pulg | 58.5     | m      | \$ 35.57                   | \$ 2,080.83             | Q 16,380.54             |

| Materiales de construcción |                                                                         |          |          |                 |             |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------------|-------------|------------|
| No.                        | Descripción                                                             | Cantidad | Unidad   | Precio unitario | Total       | Total      |
| 1                          | Canal PVC estilo colonial de 2 m de largo color blanco de 60 mm x 40 mm | 16.00    | unidad   | \$ 25.00        | \$ 400.00   | Q 3,148.00 |
| 2                          | Boquilla BAP redonda colonial 4 pulg                                    | 2.00     | unidad   | \$ 5.50         | \$ 11.00    | Q 86.56    |
| 3                          | Tapa final para canal de 60 mm x 40 mm                                  | 4.00     | unidad   | \$ 1.50         | \$ 6.00     | Q 47.20    |
| 4                          | Codo BAP 90° de 4 pulg                                                  | 21.00    | unidad   | \$ 3.00         | \$ 63.00    | Q 495.81   |
| 5                          | Codo BAP 45° de 4 pulg                                                  | 8.00     | unidad   | \$ 3.50         | \$ 28.00    | Q 220.32   |
| 6                          | Tubo BAP de 4 pulg, 80 PSI                                              | 18.00    | unidad   | \$ 12.00        | \$ 216.00   | Q 1,699.92 |
| 7                          | Abrazaderas de metal para tubo de 4 pulg                                | 60.00    | unidad   | \$ 2.50         | \$ 150.00   | Q 1,180.80 |
| 8                          | Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo                            | 15.00    | varilla  | \$ 3.35         | \$ 50.25    | Q 395.40   |
| 9                          | Cable de acero inoxidable de 1/8 pulg                                   | 6.00     | m        | \$ 0.55         | \$ 3.30     | Q 25.98    |
| 10                         | Sujetadores de acero inoxidable                                         | 72.00    | unidad   | \$ 2.00         | \$ 144.00   | Q 1,133.28 |
| 11                         | Cemento solvente                                                        | 2.00     | 1/16 gal | \$ 12.50        | \$ 25.00    | Q 200.00   |
| 12                         | Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie              | 7.00     | unidad   | \$ 3.50         | \$ 24.50    | Q 192.78   |
| 13                         | Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                             | 14.00    | unidad   | \$ 3.50         | \$ 49.00    | Q 385.56   |
| 14                         | Clavo de acero de 2.1/2 pulg                                            | 2.00     | libra    | \$ 1.50         | \$ 3.00     | Q 23.60    |
| Total materiales           |                                                                         |          |          |                 | \$ 1,173.05 | Q 9,235.21 |

| Mano de obra        |                                       |          |        |                 |             |              |
|---------------------|---------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|--------------|
| No.                 | Descripción                           | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total        |
| i                   | Elaboración de ganchos para canal     | 8.00     | Unidad | \$ 0.38         | \$ 3.05     | \$ 24.00     |
| ii                  | Instalación de canal                  | 31.00    | m      | \$ 0.64         | \$ 19.70    | \$ 155.00    |
| iii                 | Instalación de tubería con accesorios | 31.00    | m      | \$ 10.17        | \$ 315.12   | \$ 2,480.00  |
| Total m.o.          |                                       |          |        |                 | \$ 337.87   | \$ 2,659.00  |
| Total costo directo |                                       |          |        |                 | \$ 1,510.92 | \$ 11,894.21 |

| Costos indirectos |                                              |                  |     |           |            |
|-------------------|----------------------------------------------|------------------|-----|-----------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo<br>directo | %   | Total     | Total      |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 1,510.92      | 5%  | \$ 75.55  | Q 594.71   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,510.92      | 6%  | \$ 95.71  | Q 753.42   |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,510.92      | 11% | \$ 172.01 | Q 1,354.07 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,510.92      | 15% | \$ 226.64 | Q 1,784.13 |
| Total c.i.        |                                              |                  |     | \$ 569.91 | Q 4,486.33 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 113. Suministro e instalación eléctrica, iluminación**

| No. | Renglón                                          | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|--------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 16  | Suministro e instalación eléctrica (iluminación) | 1        | Unidad | \$ 1,422.53                | \$ 1,422.53             | Q 11,195.50             |

| Materiales de construcción |                                                                                              |          |        |                 |            |            |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.                        | Descripción                                                                                  | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| 1                          | Tubo PVC eléctrico de 3/4 pulg                                                               | 54.00    | m      | \$ 5.00         | \$ 270.00  | Q 2,124.90 |
| 2                          | Cable THHN calibre 14                                                                        | 162.00   | m      | \$ 0.32         | \$ 51.84   | Q 408.24   |
| 3                          | Flip-on de 15 amperios de un polo                                                            | 1.00     | unidad | \$ 4.45         | \$ 4.45    | Q 35.00    |
| 4                          | Lámpara contra humedad y polvo y protección contra explosiones para 2 tubos led de 48" 120 V | 10.00    | unidad | \$ 47.50        | \$ 475.00  | Q 3,738.20 |
| 5                          | Reflector de 12 W y 120 V                                                                    | 2.00     | unidad | \$ 7.14         | \$ 14.28   | Q 112.40   |
| 6                          | Alambre de amarre calibre 16                                                                 | 2.00     | libra  | \$ 0.75         | \$ 1.50    | Q 11.80    |
| 7                          | Caja rectangular de metal                                                                    | 3.00     | unidad | \$ 0.60         | \$ 1.80    | Q 14.16    |
| 8                          | Caja octogonal de metal                                                                      | 10.00    | unidad | \$ 1.25         | \$ 12.50   | Q 98.40    |
| 9                          | Codo eléctrico PVC de 1/2 pulg                                                               | 12.00    | unidad | \$ 1.50         | \$ 18.00   | Q 141.60   |
| 10                         | Cinta aislante                                                                               | 3.00     | rollo  | \$ 1.50         | \$ 4.50    | Q 35.43    |
| 11                         | Interruptor simple con placa y dado                                                          | 1.00     | unidad | \$ 1.50         | \$ 1.50    | Q 11.80    |
| 12                         | Interruptor doble con placa y dados                                                          | 2.00     | unidad | \$ 3.50         | \$ 7.00    | Q 55.08    |
| Total materiales           |                                                                                              |          |        | \$ 862.37       | Q 6,787.01 |            |

| Mano de obra |             |          |        |                 |            |            |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Instalación | 53.69    | m      | \$ 3.18         | \$ 170.55  | Q 1,342.25 |
| Total m.o.   |             |          |        | \$ 170.55       | Q 1,342.25 |            |

Total costo directo \$ 1,032.92 Q 8,129.26

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 1,032.92   | 5%  | \$ 51.65  | Q 406.46   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 1,032.92   | 6%  | \$ 65.43  | Q 514.93   |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 1,032.92   | 11% | \$ 117.59 | Q 925.46   |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 1,032.92   | 15% | \$ 154.94 | Q 1,219.39 |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 389.61 | Q 3,066.24 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 114. Suministro e instalación eléctrica, fuerza**

| No. | Renglón                                     | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|---------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 17  | Suministro e instalación eléctrica (fuerza) | 1        | Unidad | \$ 578.21                  | \$ 578.21               | Q 4,544.13              |

| Materiales de construcción |                                            |          |        |                 |           |            |
|----------------------------|--------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                                | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Tubo PVC eléctrico de 3/4 pulg             | 23.00    | m      | \$ 5.00         | \$ 115.00 | Q 905.05   |
| 2                          | Tubo eléctrico antiexplosiones de 3/4 pulg | 58.00    | m      | \$ 2.30         | \$ 133.40 | Q 1,044.00 |
| 3                          | Cable THHN calibre 10                      | 46.00    | m      | \$ 0.45         | \$ 20.70  | Q 162.84   |
| 4                          | Cable THHN calibre 14                      | 23.00    | m      | \$ 0.32         | \$ 7.36   | Q 57.96    |
| 5                          | Tablero de 5 polos                         | 1.00     | unidad | \$ 33.50        | \$ 33.50  | Q 265.00   |
| 6                          | Flip-on de 15 amperios de un polo          | 2.00     | unidad | \$ 4.45         | \$ 8.90   | Q 70.00    |
| 7                          | Tomacorriente doble con placa de 120 V     | 2.00     | unidad | \$ 1.50         | \$ 3.00   | Q 23.60    |
| 8                          | Tomacorriente doble con placa de 240 V     | 2.00     | unidad | \$ 5.50         | \$ 11.00  | Q 86.56    |
| 9                          | Caja rectangular de metal                  | 4.00     | unidad | \$ 0.60         | \$ 2.40   | Q 18.88    |
| 10                         | Codo eléctrico PVC de 1/2 pulg             | 5.00     | unidad | \$ 1.50         | \$ 7.50   | Q 59.00    |
| 11                         | Cinta aislante                             | 3.00     | rollo  | \$ 1.50         | \$ 4.50   | Q 35.43    |
| Total materiales           |                                            |          |        | \$              | 347.26    | Q 2,728.32 |

| Mano de obra |             |          |        |                 |          |          |
|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.          | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i            | Instalación | 22.85    | m      | \$ 3.18         | \$ 72.59 | Q 571.25 |
| Total m.o.   |             |          |        | \$              | 72.59    | Q 571.25 |

Total costo directo \$ 419.85 Q 3,299.57

| Costos indirectos |                                              |               |     |          |          |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|----------|----------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total    | Total    | Total      |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 419.85     | 5%  | \$ 20.99 | Q 164.98 |            |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 419.85     | 6%  | \$ 26.59 | Q 209.01 |            |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 419.85     | 11% | \$ 47.80 | Q 375.63 |            |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 419.85     | 15% | \$ 62.98 | Q 494.94 |            |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$       | 158.36   | Q 1,244.56 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 115. Vigas de alma abierta 1**

| No. | Renglón                      | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 18  | Vigas joist tridimensional 1 | 4        | Unidad | \$ 715.65                  | \$ 2,862.59             | Q 22,527.11             |

| Materiales de construcción |                                         |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|-----------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                             | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Tubo galvanizado legítimo de 2 pulg     | 9.00     | unidad | \$ 46.67        | \$ 420.03   | Q 3,305.34  |
| 2                          | Tubo galvanizado legítimo de 1.1/2 pulg | 20.00    | unidad | \$ 35.00        | \$ 700.00   | Q 5,509.00  |
| 3                          | Tubo galvanizado legítimo de 1/2 pulg   | 33.00    | unidad | \$ 10.01        | \$ 330.33   | Q 2,598.75  |
| 4                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013              | 59.00    | libra  | \$ 1.25         | \$ 73.75    | Q 580.56    |
| 5                          | Pintura anticorrosiva color galvanizado | 3.00     | cubeta | \$ 170.00       | \$ 510.00   | Q 4,013.70  |
| Total materiales           |                                         |          |        |                 | \$ 2,034.11 | Q 16,007.35 |

| Mano de obra |                    |          |        |                 |          |          |
|--------------|--------------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.          | Descripción        | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i            | Armar y soldar     | 1        | Unidad | \$ 19.06        | \$ 19.06 | Q 150.00 |
| ii           | Instalar y nivelar | 1        | Unidad | \$ 25.41        | \$ 25.41 | Q 200.00 |
| Total m.o.   |                    |          |        |                 | \$ 44.47 | Q 350.00 |

Total costo directo \$ 2,078.58 Q 16,357.35

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 2,078.58   | 5%  | \$ 103.93 | Q 817.87   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 2,078.58   | 6%  | \$ 131.66 | Q 1,036.13 |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 2,078.58   | 11% | \$ 236.63 | Q 1,862.16 |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 2,078.58   | 15% | \$ 311.79 | Q 2,453.60 |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 784.01 | Q 6,169.76 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 116. Vigas de alma abierta 2**

| No. | Renglón                      | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 19  | Vigas joist tridimensional 2 | 4        | Unidad | \$ 178.44                  | \$ 713.76               | Q 5,617.20              |

| Materiales de construcción |                                         |          |        |                 |           |            |
|----------------------------|-----------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------|------------|
| No.                        | Descripción                             | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total     | Total      |
| 1                          | Tubo galvanizado legítimo de 1.1/2 pulg | 3.00     | unidad | \$ 35.00        | \$ 105.00 | Q 826.35   |
| 2                          | Tubo galvanizado legítimo de 1 pulg     | 6.00     | unidad | \$ 20.00        | \$ 120.00 | Q 944.40   |
| 3                          | Tubo galvanizado legítimo de 1/2 pulg   | 6.00     | unidad | \$ 10.01        | \$ 60.06  | Q 472.50   |
| 4                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013              | 15.00    | libra  | \$ 1.25         | \$ 18.75  | Q 147.60   |
| 5                          | Pintura anticorrosiva color galvanizado | 1.00     | cubeta | \$ 170.00       | \$ 170.00 | Q 1,337.90 |
| Total materiales           |                                         |          |        | \$              | 473.81    | Q 3,728.75 |

| Mano de obra |                    |          |        |                 |          |          |
|--------------|--------------------|----------|--------|-----------------|----------|----------|
| No.          | Descripción        | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    | Total    |
| i            | Armar y soldar     | 1        | Unidad | \$ 19.06        | \$ 19.06 | Q 150.00 |
| ii           | Instalar y nivelar | 1        | Unidad | \$ 25.41        | \$ 25.41 | Q 200.00 |
| Total m.o.   |                    |          |        | \$              | 44.47    | Q 350.00 |

Total costo directo \$ 518.28 Q 4,078.75

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 518.28     | 5%  | \$ 25.91  | Q 203.94   |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 518.28     | 6%  | \$ 32.83  | Q 258.36   |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 518.28     | 11% | \$ 59.00  | Q 464.34   |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 518.28     | 15% | \$ 77.74  | Q 611.81   |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 195.48 | Q 1,538.45 |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 117. Cubierta de lámina**

| No. | Renglón                                           | Cantidad | Unidad | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|---------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 20  | Cubierta de lámina aluminio-zinc acanalada cal 28 | 232      | m²     | \$ 27.79                   | \$ 6,444.49             | Q 50,717.24             |

| Materiales de construcción |                                                                       |          |        |                 |             |             |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| No.                        | Descripción                                                           | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       | Total       |
| 1                          | Lamina aluzinc cal 28, de 3 pies de ancho y 10 pies de largo          | 110.00   | unidad | \$ 13.75        | \$ 1,512.50 | Q 11,903.10 |
| 2                          | Costanera simple de 2 pulg x 4 pulg x 1/16 pulg de 6 m de largo       | 48.00    | unidad | \$ 10.00        | \$ 480.00   | Q 3,777.60  |
| 3                          | Angular porta costanera de 2 pulg x 2 pulg x 1/8 pulg de 6 m de largo | 48.00    | unidad | \$ 15.00        | \$ 720.00   | Q 5,666.40  |
| 4                          | Cumbrera                                                              | 16.00    | m      | \$ 5.00         | \$ 80.00    | Q 629.60    |
| 5                          | Electrodo de 1/8 pulg 6013                                            | 16.00    | libra  | \$ 1.25         | \$ 20.00    | Q 157.44    |
| 6                          | Clavo de lámina de 2.1/2 pulg                                         | 9.00     | libra  | \$ 1.50         | \$ 13.50    | Q 106.20    |
| 7                          | Perno de alta resistencia de 1 pulg de diámetro y 3 pulg de largo     | 37.00    | unidad | \$ 9.50         | \$ 351.50   | Q 2,766.12  |
| 8                          | Perno de alta resistencia de 1 pulg de diámetro y 0.15 m de largo     | 37.00    | unidad | \$ 5.50         | \$ 203.50   | Q 1,601.36  |
| 9                          | Placa cuadrada de acero galvanizado de 0.40 cm x 0.40 cm x 5/8 pulg   | 12.00    | unidad | \$ 25.00        | \$ 300.00   | Q 2,361.00  |
| Total materiales           |                                                                       |          |        | \$ 3,681.00     | Q 28,968.82 |             |

| Mano de obra |                              |          |        |                 |            |            |
|--------------|------------------------------|----------|--------|-----------------|------------|------------|
| No.          | Descripción                  | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      | Total      |
| i            | Instalar lámina y costaneras | 231.93   | m²     | \$ 3.81         | \$ 884.10  | Q 6,957.90 |
| ii           | Soldar e instalar placas     | 12.00    | Unidad | \$ 9.53         | \$ 114.36  | Q 900.00   |
| Total m.o.   |                              |          |        | \$ 998.46       | Q 7,857.90 |            |

**Total costo directo \$ 4,679.46 Q 36,826.72**

| Costos indirectos |                                              |               |     |             |             |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-------------|-------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total       | Total       |  |
| i                 | Imprevistos                                  | \$ 4,679.46   | 5%  | \$ 233.97   | Q 1,841.34  |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 4,679.46   | 6%  | \$ 296.41   | Q 2,332.72  |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 4,679.46   | 11% | \$ 532.73   | Q 4,192.45  |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 4,679.46   | 15% | \$ 701.92   | Q 5,524.01  |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 1,765.03 | Q 13,890.52 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 118. Limpieza final, centro de acopio**

| No. | Renglón        | Cantidad | Unidad         | Costo unitario del renglón | Costo total del renglón | Costo total del renglón |
|-----|----------------|----------|----------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 21  | Limpieza final | 218.75   | m <sup>2</sup> | \$ 3.50                    | \$ 765.60               | Q 6,025.19              |

| Materiales de construcción |             |          |        |                 |       |       |
|----------------------------|-------------|----------|--------|-----------------|-------|-------|
| No.                        | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total | Total |
|                            |             |          |        |                 | \$ -  | Q -   |
| Total materiales           |             |          |        |                 | \$ -  | Q -   |

| Mano de obra |                            |          |                |                 |           |            |
|--------------|----------------------------|----------|----------------|-----------------|-----------|------------|
| No.          | Descripción                | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total     | Total      |
| i            | Limpieza y retiro de ripio | 218.75   | m <sup>2</sup> | \$ 2.54         | \$ 555.91 | Q 4,375.00 |
| Total m.o.   |                            |          |                |                 | \$ 555.91 | Q 4,375.00 |

Total costo directo \$ 555.91 Q 4,375.00

| Costos indirectos |                                              |               |     |           |            |  |
|-------------------|----------------------------------------------|---------------|-----|-----------|------------|--|
| No.               | Descripción                                  | Costo directo | %   | Total     | Total      |  |
| I                 | Imprevistos                                  | \$ 555.91     | 5%  | \$ 27.80  | Q 218.75   |  |
| ii                | Impuestos (IVA, AFP, sobre el costo directo) | \$ 555.91     | 6%  | \$ 35.21  | Q 277.13   |  |
| iii               | Costos administrativos                       | \$ 555.91     | 11% | \$ 63.29  | Q 498.06   |  |
| iv                | Utilidades                                   | \$ 555.91     | 15% | \$ 83.39  | Q 656.25   |  |
| Total c.i.        |                                              |               |     | \$ 209.69 | Q 1,650.19 |  |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 119. Resumen de materiales, centro de acopio**

| Material                                                                                     | Cantidad | Unidad   | Precio unitario | Total       | Total       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----------------|-------------|-------------|
| Abrazaderas de metal para tubo de 4 pulg                                                     | 60.00    | unidad   | \$ 2.50         | \$ 150.00   | Q 1,180.80  |
| Alambre de amarre calibre 16                                                                 | 142.00   | libra    | \$ 0.75         | \$ 106.50   | Q 837.80    |
| Angular porta costanera de 2 pulg x 2 pulg x 1/8 pulg de 6 m de largo                        | 48.00    | unidad   | \$ 15.00        | \$ 720.00   | Q 5,666.40  |
| Arena de río                                                                                 | 50.00    | m³       | \$ 30.00        | \$ 1,500.00 | Q 11,805.00 |
| Block 14 cm x 19 cm x 19 cm de 35 kg/cm²                                                     | 4297.00  | unidad   | \$ 0.55         | \$ 2,363.35 | Q 18,606.01 |
| Block tipo solera (block "U") 14 cm x 19 cm x 39 cm de 35 kg/cm²                             | 690.00   | unidad   | \$ 0.65         | \$ 448.50   | Q 3,532.80  |
| Boquilla BAP redonda colonial 4 pulg                                                         | 2.00     | unidad   | \$ 5.50         | \$ 11.00    | Q 86.56     |
| Cable de acero inoxidable de 1/8 pulg                                                        | 6.00     | m        | \$ 0.55         | \$ 3.30     | Q 25.98     |
| Cable THHN calibre 10                                                                        | 46.00    | m        | \$ 0.45         | \$ 20.70    | Q 162.84    |
| Cable THHN calibre 14                                                                        | 185.00   | m        | \$ 0.32         | \$ 59.20    | Q 466.20    |
| Caja octogonal de metal                                                                      | 10.00    | unidad   | \$ 1.25         | \$ 12.50    | Q 98.40     |
| Caja rectangular de metal                                                                    | 7.00     | unidad   | \$ 0.60         | \$ 4.20     | Q 33.04     |
| Cal hidratada                                                                                | 29.00    | saco     | \$ 4.50         | \$ 130.50   | Q 1,027.18  |
| Canal PVC estilo colonial de 2 m de largo color blanco de 60 mm x 40 mm                      | 16.00    | unidad   | \$ 25.00        | \$ 400.00   | Q 3,148.00  |
| Cemento solvente                                                                             | 2.00     | 1/16 gal | \$ 12.50        | \$ 25.00    | Q 200.00    |
| Cemento tipo portland                                                                        | 932.00   | saco     | \$ 9.00         | \$ 8,388.00 | Q 66,013.56 |
| Cinta aislante                                                                               | 6.00     | rollo    | \$ 1.50         | \$ 9.00     | Q 70.86     |
| Clavo de acero de 2.1/2 pulg                                                                 | 21.00    | libra    | \$ 1.50         | \$ 31.50    | Q 247.80    |
| Clavo de lámina de 2.1/2 pulg                                                                | 9.00     | libra    | \$ 1.50         | \$ 13.50    | Q 106.20    |
| Codo BAP 45° de 4 pulg                                                                       | 8.00     | unidad   | \$ 3.50         | \$ 28.00    | Q 220.32    |
| Codo BAP 90° de 4 pulg                                                                       | 21.00    | unidad   | \$ 3.00         | \$ 63.00    | Q 495.81    |
| Codo eléctrico PVC de 1/2 pulg                                                               | 17.00    | unidad   | \$ 1.50         | \$ 25.50    | Q 200.60    |
| Cortina metálica enrollable de 3.50 m x 3.00                                                 | 1.00     | unidad   | \$ 991.10       | \$ 991.10   | Q 7,800.00  |
| Costanera simple de 2 pulg x 4 pulg x 1/16                                                   | 48.00    | unidad   | \$ 10.00        | \$ 480.00   | Q 3,777.60  |
| Cumbrera                                                                                     | 16.00    | m        | \$ 5.00         | \$ 80.00    | Q 629.60    |
| Electrodo de 1/8 pulg 6013                                                                   | 93.00    | libra    | \$ 1.25         | \$ 116.25   | Q 915.12    |
| Electromalla tipo 6x6, 10-10                                                                 | 247.00   | m²       | \$ 2.25         | \$ 555.75   | Q 4,374.37  |
| Epoxico Sika N31, metal en concreto endurecido                                               | 1.00     | 1/4 gal  | \$ 20.00        | \$ 20.00    | Q 157.40    |
| Flip-on de 15 amperios de un polo                                                            | 3.00     | unidad   | \$ 4.45         | \$ 13.35    | Q 105.00    |
| Grava de 1/2 pulg                                                                            | 47.00    | m³       | \$ 45.00        | \$ 2,115.00 | Q 16,645.05 |
| Hilo de nylon carrete de 100 m                                                               | 1.00     | rollo    | \$ 1.50         | \$ 1.50     | Q 11.80     |
| Interruptor doble con placa y dados                                                          | 2.00     | unidad   | \$ 3.50         | \$ 7.00     | Q 55.08     |
| Interruptor simple con placa y dado                                                          | 1.00     | unidad   | \$ 1.50         | \$ 1.50     | Q 11.80     |
| Lamina aluzinc cal 28, de 3 pies de ancho y 10 pies de largo                                 | 110.00   | unidad   | \$ 13.75        | \$ 1,512.50 | Q 11,903.10 |
| Lámpara contra humedad y polvo y protección contra explosiones para 2 tubos led de 48" 120 V | 10.00    | unidad   | \$ 47.50        | \$ 475.00   | Q 3,738.20  |
| Material selecto puesto en obra                                                              | 375.00   | m³       | \$ 20.00        | \$ 7,500.00 | Q 59,025.00 |
| Perno de alta resistencia de 1 pulg de diámetro y 0.15 m de largo                            | 37.00    | unidad   | \$ 5.50         | \$ 203.50   | Q 1,601.36  |
| Perno de alta resistencia de 1 pulg de diámetro y 3 pulg de largo                            | 37.00    | unidad   | \$ 9.50         | \$ 351.50   | Q 2,766.12  |

Continuación de tabla 119.

|                                                                     |         |         |           |             |             |
|---------------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------|-------------|-------------|
| Pintura anticorrosiva color galvanizado                             | 5.00    | cubeta  | \$ 170.00 | \$ 850.00   | Q 6,689.50  |
| Placa cuadrada de acero galvanizado de 0.40 cm x 0.40 cm x 5/8 pulg | 12.000  | unidad  | \$ 25.00  | \$ 300.00   | Q 2,361.00  |
| Plancha de poliestireno expandido de 1pulg x 20cm x 1m              | 155.000 | unidad  | \$ 9.00   | \$ 1,395.00 | Q 10,978.65 |
| Reflector de 12 W y 120 V                                           | 2.00    | unidad  | \$ 7.14   | \$ 14.28    | Q 112.40    |
| Regla de madera de 3 pulgx 2 pulg x 10 pie                          | 8.00    | unidad  | \$ 3.00   | \$ 24.00    | Q 188.88    |
| Regla de madera de 3 pulg x 4 pulg x 10 pie                         | 74.00   | unidad  | \$ 3.50   | \$ 259.00   | Q 2,037.96  |
| Silicon en liquido                                                  | 1.00    | tubo    | \$ 10.00  | \$ 10.00    | Q 78.70     |
| Sujetadores de acero inoxidable                                     | 72.00   | unidad  | \$ 2.00   | \$ 144.00   | Q 1,133.28  |
| Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 1 pie x 10 pie          | 31.00   | unidad  | \$ 3.00   | \$ 93.00    | Q 731.91    |
| Tabla de madera de pino rústica de 1 pulg x 2 pie x 10 pie          | 13.00   | unidad  | \$ 3.50   | \$ 45.50    | Q 358.02    |
| Tablero de 5 polos                                                  | 1.00    | unidad  | \$ 33.50  | \$ 33.50    | Q 265.00    |
| Tapa final para canal de 60 mm x 40 mm                              | 4.00    | unidad  | \$ 1.50   | \$ 6.00     | Q 47.20     |
| Tomacorriente doble con placa de 120 V                              | 2.00    | unidad  | \$ 1.50   | \$ 3.00     | Q 23.60     |
| Tomacorriente doble con placa de 240 V                              | 2.00    | unidad  | \$ 5.50   | \$ 11.00    | Q 86.56     |
| Tubo BAP de 4 pulg, 80 PSI                                          | 18.00   | unidad  | \$ 12.00  | \$ 216.00   | Q 1,699.92  |
| Tubo eléctrico antiexplosiones de 3/4 pulg                          | 58.00   | m       | \$ 2.30   | \$ 133.40   | Q 1,044.00  |
| Tubo galvanizado legítimo de 1.1/2 pulg                             | 23.00   | unidad  | \$ 35.00  | \$ 805.00   | Q 6,335.35  |
| Tubo galvanizado legítimo de 1/2 pulg                               | 39.00   | unidad  | \$ 10.01  | \$ 390.39   | Q 3,071.25  |
| Tubo galvanizado legítimo de 1 pulg                                 | 6.00    | unidad  | \$ 20.00  | \$ 120.00   | Q 944.40    |
| Tubo galvanizado legítimo de 2 pulg                                 | 9.00    | unidad  | \$ 46.67  | \$ 420.03   | Q 3,305.34  |
| Tubo PVC eléctrico de 3/4 pulg                                      | 77.00   | unidad  | \$ 5.00   | \$ 385.00   | Q 3,029.95  |
| Tubo sencillo cuadrado de 1/2 pulg, chapa 18 x 6 m de largo         | 2.00    | unidad  | \$ 3.50   | \$ 7.00     | Q 55.08     |
| Varilla de acero corrugada 1/2 pulg, G60 legítimo                   | 37.00   | varilla | \$ 5.40   | \$ 199.80   | Q 1,572.50  |
| Varilla de acero corrugada 1 pulg, G60 legítimo                     | 55.00   | varilla | \$ 22.00  | \$ 1,210.00 | Q 9,522.70  |
| Varilla de acero corrugada 3/4 pulg, G60 legítimo                   | 110.00  | varilla | \$ 13.00  | \$ 1,430.00 | Q 11,254.10 |
| Varilla de acero corrugada 3/8 pulg, G40 legítimo                   | 213.00  | varilla | \$ 3.35   | \$ 713.55   | Q 5,614.68  |
| Varilla de acero corrugada 5/8 pulg, G60 legítimo                   | 25.00   | varilla | \$ 9.00   | \$ 225.00   | Q 1,770.75  |
| Varilla de acero corrugada 9/8 pulg, G60 legítimo                   | 55.00   | varilla | \$ 26.00  | \$ 1,430.00 | Q 11,254.10 |
| Varilla de acero liso 1/2 pulg, G60 legítimo                        | 10.00   | varilla | \$ 5.40   | \$ 54.00    | Q 425.00    |
| Varilla de acero liso 1/4 pulg, G60 legítimo                        | 200.00  | varilla | \$ 1.25   | \$ 250.00   | Q 1,968.00  |
| Varilla de acero liso 3/8 pulg, G40 legítimo                        | 253.00  | varilla | \$ 3.35   | \$ 847.55   | Q 6,669.08  |
| Varilla plana de 1/2 pulg x 1/8 pulg x 6 m de largo                 | 1.00    | unidad  | \$ 1.60   | \$ 1.60     | Q 12.59     |

**TOTAL = \$40,963.80 Q322,390.21**

Fuente: elaboración propia

### 3.9.3. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución, muestra el avance físico de la obra, en el que se realizaran los desembolsos de acuerdo a cada renglón de trabajo para el proyecto, el periodo estipulado para el diseño del centro de acopio es de 3 meses.

**Tabla 120. Cronograma de ejecución físico y financiero, centro de acopio**

| No.          | REGLÓN                                                          | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO POR REGLÓN    | % POR ACTIVIDAD | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | % AVANCE |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------|---------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1            | Trabajos preliminares                                           | 218.75   | m²     | \$ 4.57        | \$ 999.95           | 1.26%           |       |       |       |       |       | 1.26%    |
| 2            | Zapata de cimentación                                           | 10       | unidad | \$ 756.89      | \$ 7,568.94         | 9.52%           |       |       |       |       |       | 10.77%   |
| 3            | Columna C-1                                                     | 71.28    | m      | \$ 112.53      | \$ 8,021.48         | 10.09%          |       |       |       |       |       | 20.86%   |
| 4            | Columna C-2                                                     | 18.9     | m      | \$ 120.43      | \$ 2,276.15         | 2.86%           |       |       |       |       |       | 23.72%   |
| 5            | Vigas                                                           | 70       | m      | \$ 54.44       | \$ 3,811.04         | 4.79%           |       |       |       |       |       | 28.51%   |
| 6            | Solera de humedad                                               | 46       | m      | \$ 26.88       | \$ 1,236.41         | 1.55%           |       |       |       |       |       | 30.07%   |
| 7            | Solera intermedia tipo U                                        | 220.8    | m      | \$ 17.68       | \$ 3,903.65         | 4.91%           |       |       |       |       |       | 34.98%   |
| 8            | Columna C-3                                                     | 202.95   | m      | \$ 20.74       | \$ 4,209.68         | 5.29%           |       |       |       |       |       | 40.27%   |
| 9            | Levantado de block de 14 cm x 19 cm x 39 cm                     | 262.04   | m²     | \$ 32.71       | \$ 8,572.25         | 10.78%          |       |       |       |       |       | 51.05%   |
| 10           | Piso                                                            | 146.44   | m²     | \$ 81.16       | \$ 11,885.55        | 14.94%          |       |       |       |       |       | 65.99%   |
| 11           | Corredor y rampa                                                | 24.9     | m      | \$ 394.26      | \$ 9,816.96         | 12.34%          |       |       |       |       |       | 78.33%   |
| 12           | Acabados en columnas y paredes                                  | 22.545   | m²     | \$ 18.81       | \$ 424.17           | 0.53%           |       |       |       |       |       | 78.87%   |
| 13           | Cortina metálica enrollable de 3.50 m de ancho y 3.00 m de alto | 1        | unidad | \$1,428.44     | \$ 1,428.44         | 1.80%           |       |       |       |       |       | 80.66%   |
| 14           | Balcón para ventana                                             | 2        | unidad | \$ 255.10      | \$ 510.19           | 0.64%           |       |       |       |       |       | 81.31%   |
| 15           | Instalación de bajada de agua pluvial, tubo PVC de 4 pulg       | 58.5     | m      | \$ 35.57       | \$ 2,080.83         | 2.62%           |       |       |       |       |       | 83.92%   |
| 16           | Suministro e instalación eléctrica (iluminación)                | 1        | unidad | \$1,422.53     | \$ 1,422.53         | 1.79%           |       |       |       |       |       | 85.71%   |
| 17           | Suministro e instalación eléctrica (fuerza)                     | 1        | unidad | \$ 578.21      | \$ 578.21           | 0.73%           |       |       |       |       |       | 86.44%   |
| 18           | Vigas joist tridimensional 1                                    | 4        | unidad | \$ 715.65      | \$ 2,862.59         | 3.60%           |       |       |       |       |       | 90.04%   |
| 19           | Vigas joist tridimensional 2                                    | 4        | unidad | \$ 178.44      | \$ 713.76           | 0.90%           |       |       |       |       |       | 90.93%   |
| 20           | Cubierta de lámina aluminio-zinc acanalada cal 28               | 231.93   | m²     | \$ 27.79       | \$ 6,444.49         | 8.10%           |       |       |       |       |       | 99.04%   |
| 21           | Limpieza final                                                  | 218.75   | m²     | \$ 3.50        | \$ 765.60           | 0.96%           |       |       |       |       |       | 100.00%  |
| <b>TOTAL</b> |                                                                 |          |        |                | <b>\$ 79,532.86</b> | <b>100.00%</b>  |       |       |       |       |       |          |
| <b>TOTAL</b> |                                                                 |          |        |                | <b>Q630,767.65</b>  |                 |       |       |       |       |       |          |

Fuente: elaboración propia

### **3.10. Planos**

1. Plano de localización
2. Plano de ubicación
3. Plano de puntos y curvas de nivel
4. Plano de ubicación de instalaciones
5. Plano de planta acotada
6. Plano de elevaciones y sección de muro
7. Plano de detalles de columnas y zapatas
8. Plano de detalles de armado de vigas
9. Plano de detalles estructurales
10. Plano de planta instalación eléctrica iluminación
11. Plano de planta instalación eléctrica fuerza
12. Plano de detalles de cubierta y bajadas de agua
13. Plano de planta acabados

### **3.11. Especificaciones técnicas**

Las especificaciones que no se encuentren detalladas en esta sección ni en los planos se deben realizar de la misma manera que lo indica la sección 2.13.

- **Mortero de unión**

Debido a que los muros son considerablemente altos para la edificación se debe tener mayor cuidado con los desplomes y/o derrumbes para evitarlos. Los muros no deben levantarse a una altura mayor de 2.00 metros sin que se hayan construido los amarres verticales adyacentes. No se permiten desplomes mayores de 1/300 de altura de la pared.

- **Pisos**

Garantizar que el nivel de suelo natural o de piso quede perfectamente nivelado y compactado; se colocará una capa de 0.95 metros de material selecto, el cual debe compactarse en capas no mayores de 0.15 metros y nivelarse perfectamente previo a la fundición del piso de concreto.

- **Techo**

La estructura principal es de vigas joist, hechos de dos cordones superiores de tubo redondo de 1 ½ pulgadas, 1 codón inferior de tubo redondo de 2 pulgadas y cordones diagonales de ½ pulgada. Sobre éstos se colocan costaneras perfil “C” de 2” x 4” x 1/16”.

La cubierta para el corredor es de vigas joist que consiste en 2 cordones superiores de tubo redondo de 1 pulgada, 1 cordón inferior de tubo redondo de 1 ½ pulgadas y cordones diagonales de ½ pulgada. Ver detalle en planos.

Las costaneras deben estar limpias de óxido, aceites, grasa, polvo, etc. y serán pintados con dos manos de pintura anticorrosiva y una de esmalte de color a definir por el supervisor. La cubierta que se describe adelante. Los detalles para la recepción de la cubierta de lámina deben garantizar la facilidad de instalación.

Se debe tomar en cuenta las especificaciones de los anclajes y tener cuidado de no variar las alturas del edificio (ver planos).

- **Cubierta**

La cubierta es de lámina galvanizada troquelada, Calibre 28 sujetándose con tornillo auto perforador con sus respectivos accesorios (arandela de zinc y sello de asfalto) para sello contra lluvia en cada uno. Se utilizan láminas de las longitudes indicadas en los planos.

El ejecutor debe revisar que la colocación de la lámina no tenga ninguna dificultad constructiva, seguir las recomendaciones del fabricante para garantizar la instalación de la cubierta. La pendiente mínima aceptada para este tipo de cubierta no debe ser menor que el 10%.

El tornillo auto perforador debe fijarse en la cima de la onda y en medio del apoyo, para lo cual debe usarse el equipo y herramienta adecuada para evitar su daño.

Se debe techar en el sentido contrario a la dirección del viento. Los traslapes longitudinales se hacen conforme los planos, pero en ningún caso deben ser menores de 0.15 metros. El traslape lateral es de una onda de lámina. A la cubierta se le debe colocar el caballete o capote galvanizado. Los aleros deben quedar perfectamente alineados. Las láminas no deben presentar oxidaciones

### **3.12. Análisis socio económico**

Se debe realizar un análisis socio económico para determinar la factibilidad de los proyectos, los efectos indirectos y el valor social que pueda presentar.

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros es de utilidad para conocer la rentabilidad que generarán (Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2017, recuperado de [https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/923/mod\\_resource/content/1/contenido/index.html](https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/923/mod_resource/content/1/contenido/index.html)).

Para ello se utilizaron los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno, que se describen a continuación:

- Aporte comunitario inicial = \$ 0.00 = Q 0.00
- Ingreso comunitario anual = \$ 0.00 = Q 0.00
- Inversión inicial = \$ 79,532.86 = Q 630,767.65
- Periodo de vida útil del proyecto = 50 años

- **Costo de mantenimiento**

Monto necesario para la compra del material o servicios necesarios para la reparación o mejora del centro de capacitación. Se calcula de la siguiente manera:

$$M = \frac{0.5\% * Ctp * (1 + IA)}{n}$$

Donde:

0.5% = Porcentaje para la compra de materiales

Ctp = Costo total del proyecto, \$ 79,532.86, Q 630,767.65

IA = Inflación anual, 0.6%

n = Número de meses del año, 12

El porcentaje de 0.6% de inflación anual es proporcionado por el Ministerio de Economía de El Salvador para mayo del 2019.

$$M = \frac{0.5\% * \$ 79,532.86 * (1 + 0.6\%)}{12} = \$ 33.14$$

$$F = \$ 33.14 * 12 = \$ 397.69$$

$$M = \frac{0.5\% * Q 630,767.65 * (1 + 0.6\%)}{12} = Q 262.84$$

$$F = Q 262.84 * 12 = Q 3,154.03$$

- **Valor presente neto**

El valor presente neto –VPN–, es una herramienta que sirve como indicador para medir y determinar la viabilidad de una inversión o un proyecto en términos de rentabilidad y ganancia, el cual proporciona a partir de sus análisis un marco de referencia para la toma de decisiones (Salazar, 2017, *Valor presente neto VPN*, recuperado de <https://abcfinanzas.com/administracion-financiera/valor-presente-neto/>).

$$VPN = -I + TA * \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right) - F * \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right)$$

Donde:

VPN = Valor presente neto (quetzales)

I = Inversión inicial (\$ 79,532.86, Q 630,767.65)

TA = Tarifa anual (\$ 0.00, Q 0.00)

F = Costo de mantenimiento anual (\$ 397.69, Q 3,154.03)

i = Tasa de interés (6%)

n = Periodo de tiempo (50 años)

Para la formula anterior existen tres resultados, siendo los siguientes.

1. VPN > 0: la inversión se recupera, se obtiene rentabilidad y una ganancia.
2. VPN = 0: se recupera la inversión, pero no genera ganancia, no es rentable.
3. VPN < 0: no se recupera la inversión, el proyecto conlleva perdida de dinero.

$$VPN = -\$ 79,213.40 + \$ 0.00 * \left( \frac{(1 + 6\%)^{50} - 1}{6\% * (1 + 6\%)^{50}} \right) - \$ 397.69 * \left( \frac{(1 + 6\%)^{50} - 1}{6\% * (1 + 6\%)^{50}} \right)$$

$$VPN = - \$ 85,801.16$$

$$VPN = -Q 628,256.06 + Q 0.00 * \left( \frac{(1 + 6\%)^{50} - 1}{6\% * (1 + 6\%)^{50}} \right) - Q 3,154.03 * \left( \frac{(1 + 6\%)^{50} - 1}{6\% * (1 + 6\%)^{50}} \right)$$

$$VPN = - Q 680,480.99$$

El dinero invertido en el proyecto no se recuperará debido a que el resultado del cálculo del VPN es negativo, lo que quiere decir que el proyecto conlleva a pérdidas. El proyecto del centro de capacitación no tiene prioridades económicas sino sociales para aportar un beneficio a la población.



## CONCLUSIONES

1. Se realizaron los diseños estructurales para el Centro de Capacitación y el Centro de Acopio dentro de las instalaciones de la Finca Escuela Trinacional en Candelaria de La Frontera, Santa Ana, El Salvador, respetando de forma cautelosa las normas y parámetros de diseño de construcciones nacionales e internacionales vigentes actualmente en la República de El Salvador; dando como resultado edificaciones que garantizan su funcionalidad.
2. Los planos constructivos de las edificaciones fueron elaborados para indicar la localización, ubicación, curvas de nivel, planta conjunto acotada, elevaciones y detalles de muros, detalles estructurales, instalaciones de iluminación y fuerza, instalaciones hidráulicas y sanitarias y detalles de acabados finales para mejorar la presentación de los diseños.
3. El costo total del centro de capacitación es de \$ 254,224.01 (Q. 1,990,602.79), el costo de materiales es de \$ 117,437.58, costo de maquinaria y equipo de \$ 2,496.85 y el costo de mano de obra es de \$ 64,443.45, a estos costos se le aumenta el 37% de indirectos.
4. El centro de acopio tiene un costo total de \$ 79,213.40 (Q. 628,256.06), el costo de materiales es de \$ 40,703.07, costo de maquinaria y equipo de \$ 743.33 y el costo de mano de obra es de \$ 13,955.76, a estos costos se le aumenta el 38% de indirectos.



## **RECOMENDACIONES**

A la Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa:

1. Asegurar la implementación de la operación y mantenimiento preventivo y correctivo en ambos proyectos, ya que estas inciden en la duración y buen funcionamiento para el período que fueron diseñados.
2. Respetar las dimensiones de los elementos presentados en los planos constructivos adjuntos al informe y espesores mínimos de recubrimiento.
3. Garantizar una supervisión técnica en la construcción de los proyectos de infraestructura, respetando especificaciones técnicas, combinaciones de carga y resistencias del concreto a elaborar y la resistencia del acero en grado 60 o grado 40 según indiquen especificaciones.
4. Actualizar los presupuestos de los proyectos antes de su cotización o contratación, debido a que los salarios y costos de materiales están sujetos a cambios ocasionados por variaciones económicas.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. (Octubre de 2012). *Plan de competitividad municipal del municipio de Candelaria de la Frontera – Santa Ana 2012-2016* (Documento electrónico). El Salvador: SACDEL.

American Concrete Institute. (s.f.). *History of ACI* (Página web). Recuperado de <https://www.concrete.org/aboutaci/introductiontoaci.aspx>.

Camba C, J. L., Chacón G, F. & Pérez A, F. (1982). *Apuntes de análisis estructural I* (Documento electrónico). México: UNAM.

Candelaria de la Frontera (El Salvador). (s.f.). *En EcuRed* [Página Web]. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Candelaria\\_de\\_la\\_Frontera\\_\(El\\_Salvador\)](https://www.ecured.cu/Candelaria_de_la_Frontera_(El_Salvador)).

Candelaria de la Frontera. (s.f.). En *Municipios de El Salvador* [Página Web]. Recuperado de <http://www.municipiosdeelsalvador.com/santa-ana/candelaria-de-la-frontera>.

Cimentaciones por zapatas. (s.f.). En *Construmática* (Página web). Recuperado de [https://www.construmatica.com/construpedia/Cimentaciones\\_por\\_Zapatas](https://www.construmatica.com/construpedia/Cimentaciones_por_Zapatas)



Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia de la Universidad Nacional Autónoma de México. (2017). *Evaluación financiera del proyecto de inversión*. En UAPA [Página Web]. Recuperado de [https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/923/mod\\_resource/content/1/contenido/index.html](https://programas.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/923/mod_resource/content/1/contenido/index.html).

Decreto del Reglamento de Emergencia de Diseño Sísmico de la República de El Salvador, 14. Diario oficial, No. 170, t. 304 (14 de septiembre de 1989).

Decreto del Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones de El Salvador, 105. Diario oficial, No. 204, t. 333 (30 de octubre de 1996).

El clima promedio en Candelaria de la Frontera. (s. f.). En *Weather Spark* [Página Web]. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/12331/Clima-promedio-en-Candelaria-de-La-Frontera-El-Salvador-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan. (2004). *Métodos de levantamiento topográfico Pothenot, Hansen, poligonación - I -* (Cátedra de Levantamiento y Carteo Geológico). Argentina: UNSJ. Recuperado de <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHf8de.dir/doc.pdf>.

Federal Housing Administration. (s.f.). *Normas de planificación y construcción del FHA*. En *FHA facilitamos tu vivienda* [Pág. Web]. Recuperado de <https://www.fha.gob.gt/wp-content/uploads/Desarrolladores/Normas%20de%20construccion/2016/Enero/Normas%20de%20planificacion%20y%20construccion.pdf>.



Instalaciones Eléctricas. (2015). En *Vista servicios integrales* [Página Web]. Recuperado de <https://vistaservicios.com/servicios/instalaciones-electricas>.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (22 de febrero de 2018). *¿En qué consiste un levantamiento topográfico?* [Página Web]. Recuperado de <https://www.igac.gov.co/es/contenido/en-que-consiste-un-levantamiento-topografico>.

McCormac, J. & Brown, R. (2013). *Diseño de concreto reforzado*. (8ª. ed.). México: Alfaomega grupo Editor.

Mega. (s.f.). *Abacos para el diseño de columnas*. En mega.nz [Página Web]. Recuperado de <https://mega.nz/folder/RRpxVTyY#LbvY55C4s-8mvQQ2eQZEIw>.

Méndez Berreondo, L. A. (2012). *Diseño del edificio escolar y gimnasio polideportivo en la aldea Cerro de Oro del municipio de Santiago Atitlán del departamento de Sololá* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.

Ministerio de Obras Públicas. (Mayo de 1997). *Norma Técnica para Diseño de Cimentaciones y Estabilidad de Taludes* (Documento electrónico). El Salvador: asia.



Nij Patzán, J. E. J. (2009). *Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.

Nilson, A. H. (1999). *Diseño de estructuras de concreto*. (12a. ed.). Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.

Pinto Mindiola, L., García Cerezo, A. (Septiembre de 2007). Análisis de cualquier tipo convencional de estructuras para edificios con nodos indesplazables utilizando un modelo de red neuronal artificial. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 11(44), p. 141-149. En slideshare. Recuperado de <https://es.slideshare.net/KarolMargothReteguiBriceo/mtodo-de-kani>.

Quispe Apaza, L. (Octubre de 2015). *Método LRFD*. En Slideshare. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/luis41977826/mtodo-lrfd-publicado-por-luis-quispe-apaza>.

Rodríguez Soza, L. C. (2007). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.

Salazar López, B. (Septiembre de 2017). *Valor presente neto*. En ABC Finanzas.com [Página Web]. Recuperado de <https://abcfinanzas.com/administracion-financiera/valor-presente-neto/>.



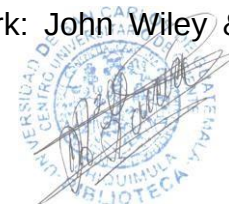
Samayoa García, J. P. (2006). *Criterios para la selección del sistema estructural y su aplicación al diseño arquitectónico* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.

Segura Torres, V. E. (2003). *Diseño y cálculo estructural de una casa-habitación, ubicada en la calle Vicente Villana no. 77. Col. Ahuizotla. Naucalpan de Juárez, edo. de Mex* (Tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico de la Construcción de México.

Sigú Villeda, M. A. (2008). *Diseño de edificio escolar de dos niveles para aldea Limones y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para aldea Zapote, municipio de Gualán, Zacapa* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.

Sistema de Asesoría y Capacitación para el Desarrollo Local. (Octubre de 2012). *Plan de competitividad municipal del municipio de Candelaria de La Frontera-Santa Ana 2012-2016*. En SACDEL.ORG. Recuperado de <http://sacdel.org.sv/phocadownload/planificacion/mcp/PCM%20Candelaria%20de%20La%20Frontera%20octubre%202012%20final.pdf>.

Terzaghi, K. (1943). *Mecánica teórica de suelos*. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc.





## **APÉNDICE**

### **APÉNDICE A**

Planos constructivos del proyecto: Centro de Capacitación en la Finca Escuela Trinacional de producción agroecológica, Candelaria de la Frontera, Santa Ana, El Salvador.

|      |                                                                |
|------|----------------------------------------------------------------|
| A-1  | Plano de localización                                          |
| A-2  | Plano de ubicación                                             |
| A-3  | Plano de planta de puntos y curvas de nivel                    |
| A-4  | Plano de ubicación de instalaciones                            |
| A-5  | Plano de planta acotada prime nivel                            |
| A-6  | Plano de planta acotada segundo nivel                          |
| A-7  | Plano de elevaciones y sección de muro                         |
| A-8  | Plano de planta de columnas y zapatas primer nivel             |
| A-9  | Plano de planta de columnas segundo nivel                      |
| A-10 | Plano de detalle de armado de losa                             |
| A-11 | Plano de detalles estructurales                                |
| A-12 | Plano de planta instalación de agua potable                    |
| A-13 | Plano de planta de instalación de drenaje                      |
| A-14 | Plano de planta instalación eléctrica iluminación primer nivel |
| A-15 | Plano de planta instalación eléctrica fuerza primer nivel      |
| A-16 | Plano de planta instalación eléctrica fuerza segundo nivel     |
| A-17 | Plano de planta de pañuelos y bajadas de agua pluvial          |
| A-18 | Plano de planta de pañuelos y bajadas de agua pluvial          |
| A-19 | Plano de planta acabados primer nivel                          |

A-20            Plano de planta acabados segundo nivel

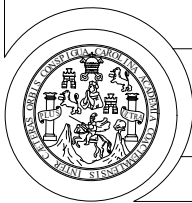
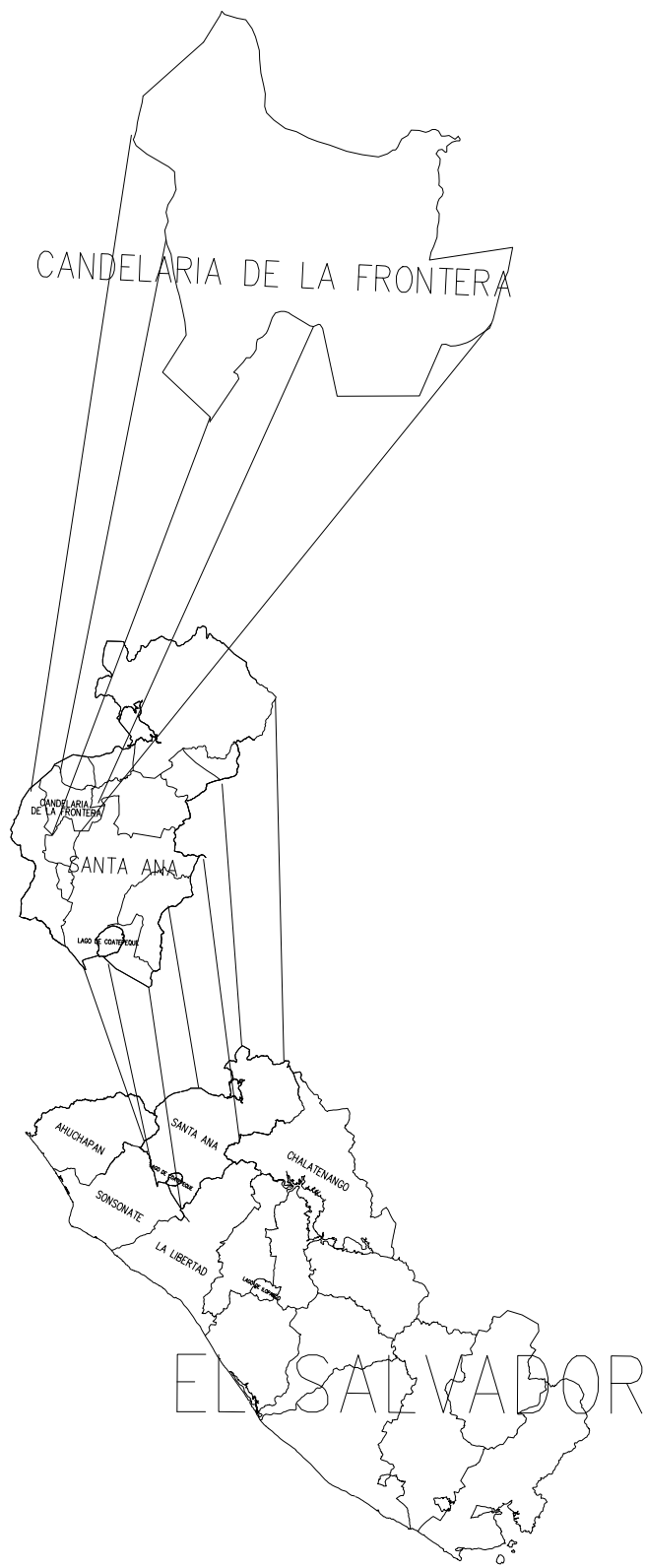
## **APÉNDICE B**

Planos constructivos del proyecto: Centro de Capacitación en la Finca Escuela Trinacional de producción agroecológica, Candelaria de la Frontera, Santa Ana, El Salvador.

|      |                                                   |
|------|---------------------------------------------------|
| B-1  | Plano de localización                             |
| B-2  | Plano de ubicación                                |
| B-3  | Plano de puntos y curvas de nivel                 |
| B-4  | Plano de ubicación de instalaciones               |
| B-5  | Plano de planta acotada                           |
| B-6  | Plano de elevaciones y sección de muro            |
| B-7  | Plano de detalles de columnas y zapatas           |
| B-8  | Plano de detalles de armado de vigas              |
| B-9  | Plano de detalles estructurales                   |
| B-10 | Plano de planta instalación eléctrica iluminación |
| B-11 | Plano de planta instalación eléctrica fuerza      |
| B.12 | Plano de detalles de cubierta y bajadas de agua   |
| B-13 | Plano de planta acabados                          |

## **ANEXOS**

|                |                                                                                                             |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ANEXO-A</b> | Ensayo de compresión triaxial                                                                               |
| <b>ANEXO-B</b> | Libreta topográfica                                                                                         |
| <b>ANEXO-C</b> | Coeficientes para momentos en losas                                                                         |
| <b>ANEXO-D</b> | Diámetros de varillas de acero grado 60                                                                     |
| <b>ANEXO-E</b> | Especificaciones de tubos redondos                                                                          |
| <b>ANEXO-F</b> | Especificaciones de tubos cuadrados                                                                         |
| <b>ANEXO-G</b> | Tabla de tensiones admisibles para miembros de compresión de 36 KSI de acero límite de tensión especificada |



CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE  
PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA,  
EL SALVADOR

PAÍS: **EL SALVADOR**

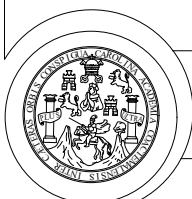
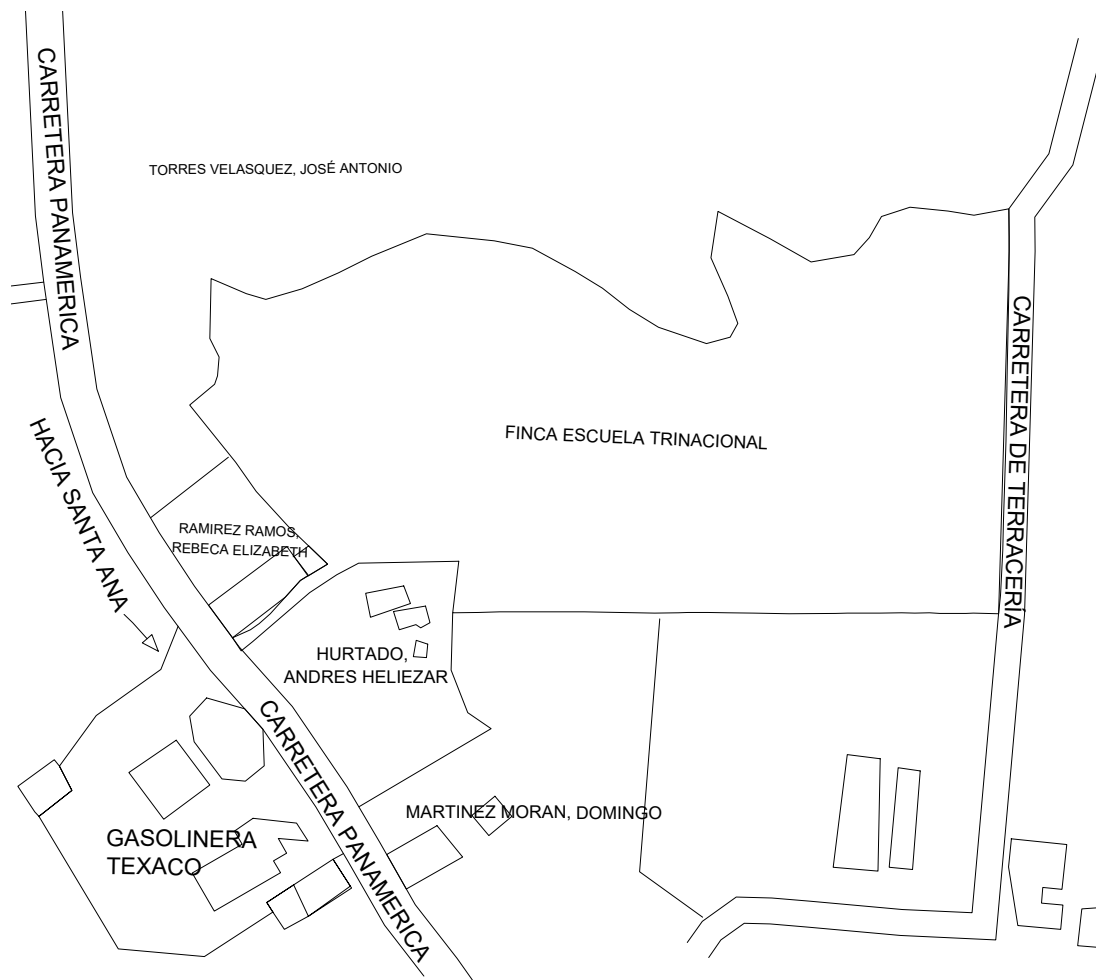
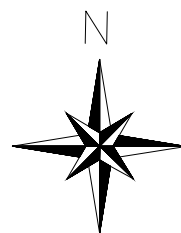
DEPARTAMENTO: **SANTA ANA**

MUNICIPIO: **CANDELARIA DE LA FRONTERA**

CONTENIDO DEL PLANO:

**PLANO DE LOCALIZACIÓN**

1/20



CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE  
PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA,  
EL SALVADOR

PAÍS: EL SALVADOR

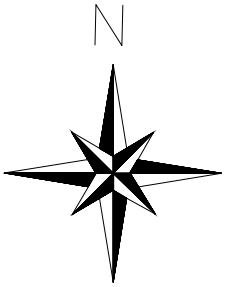
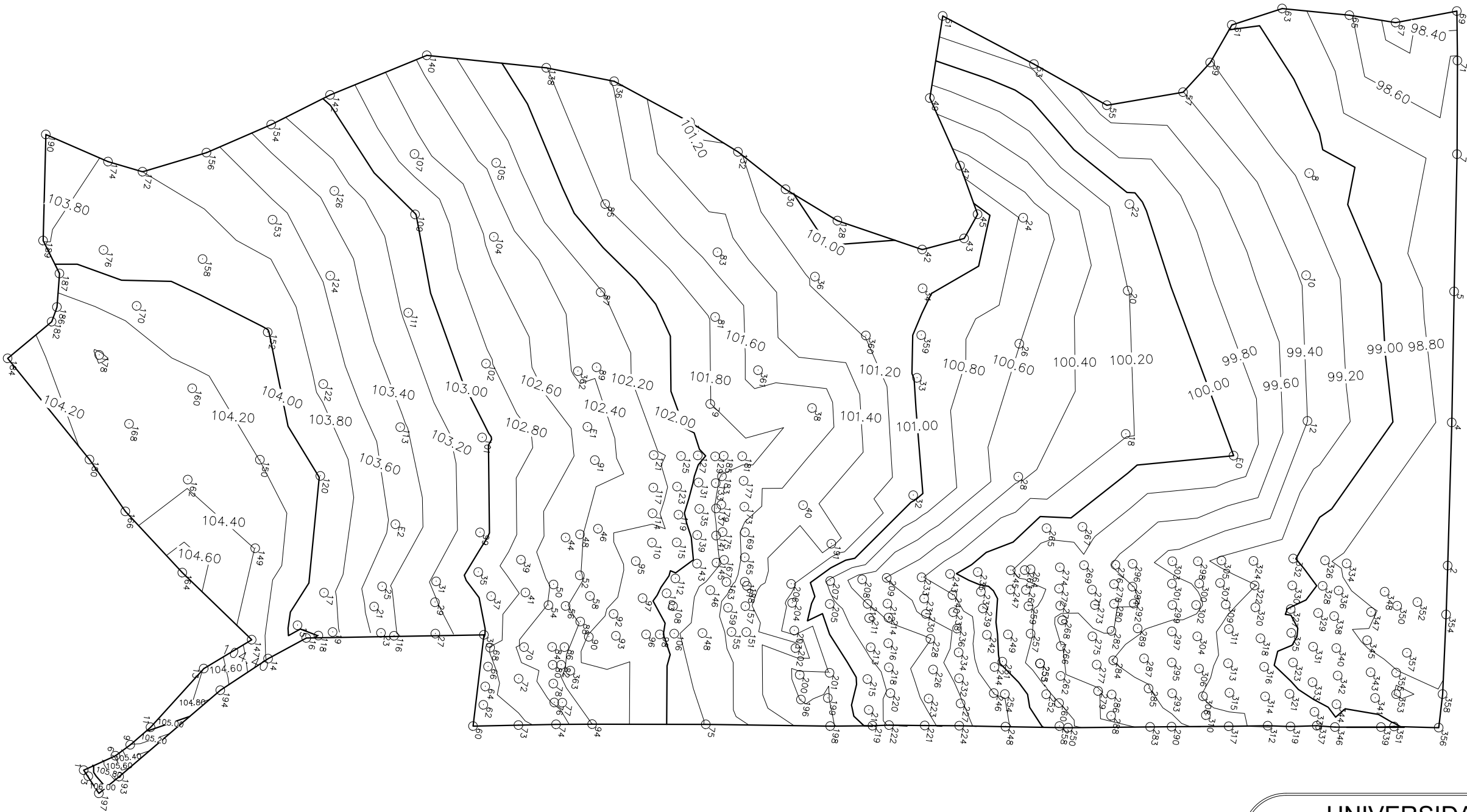
DEPARTAMENTO: SANTA ANA

MUNICIPIO: CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO DEL PLANO:

PLANO DE UBICACIÓN

2 / 20



## PLANTA DE PUNTOS Y CURVAS DE NIVEL

ESC.: 1/800

### UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA  
ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

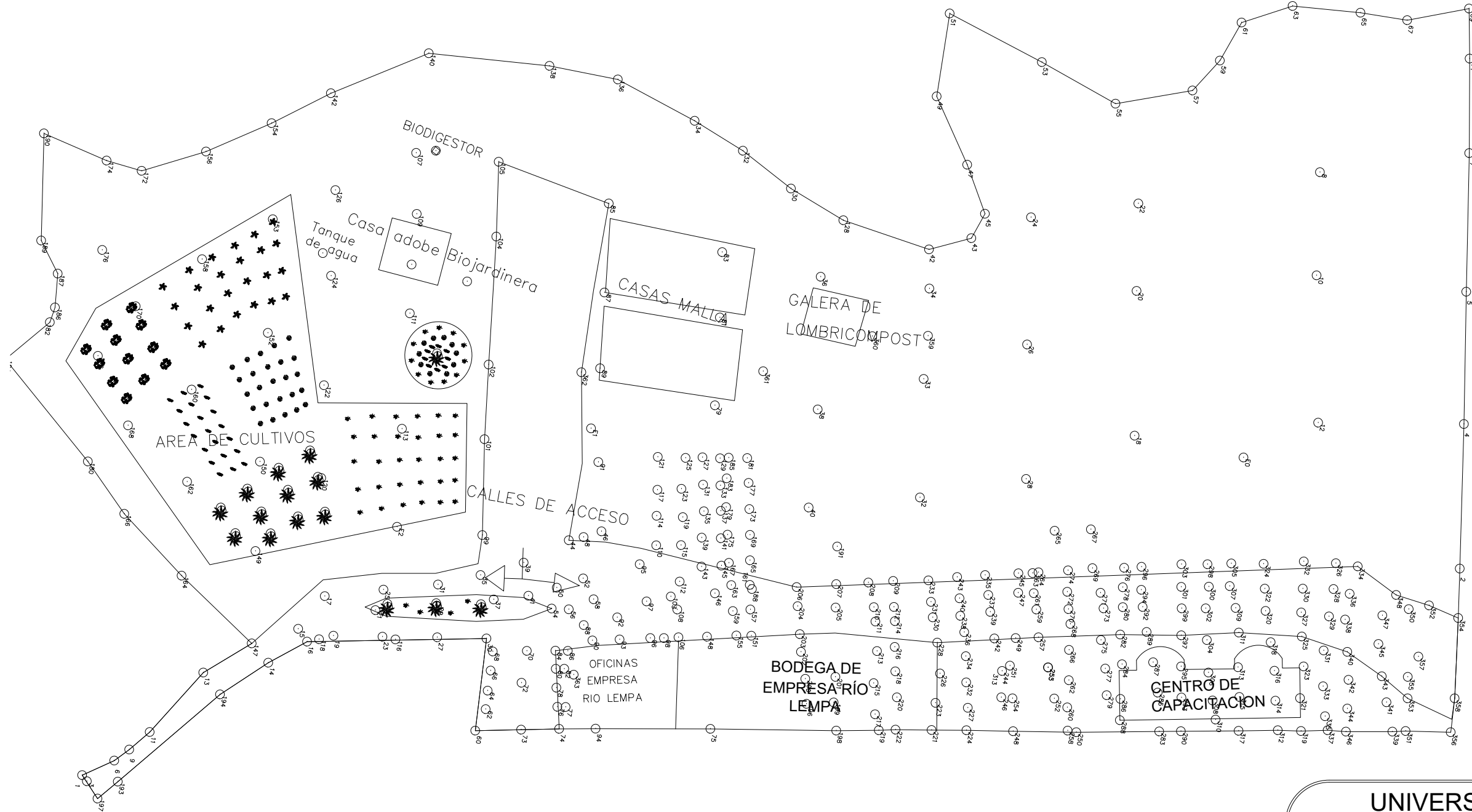
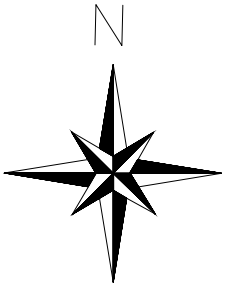
CONTENIDO: PLANTA DE PUNTOS Y CURVAS DE NIVEL

| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA: | HOJA: |
|-------------|----------|----------|----------|---------|-------|
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | 1/800   | 3/20  |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CARNÉ: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS  
ASESOR



## UBICACIÓN DE INSTALACIONES

ESC.: 1/800

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA  
ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

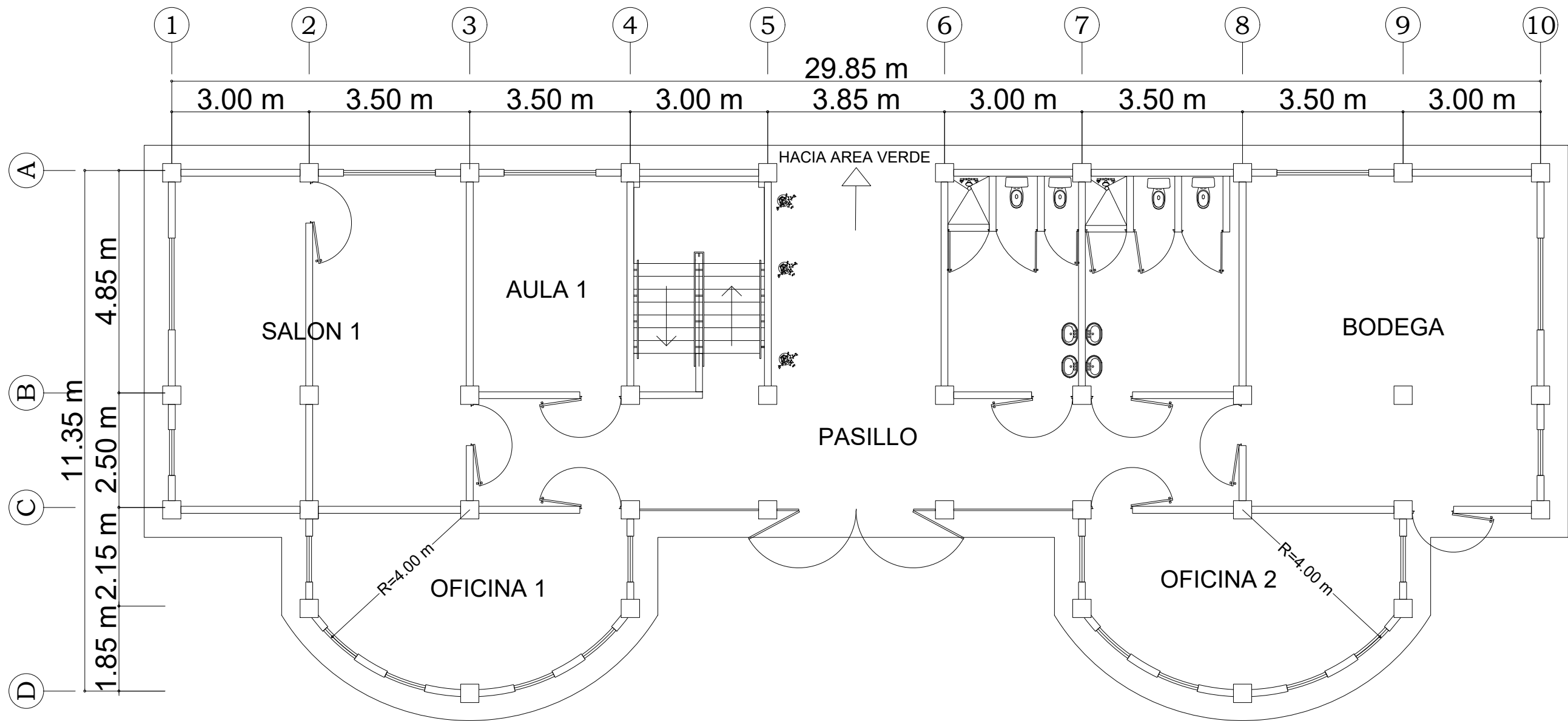
CONTENIDO: UBICACIÓN DE INSTALACIONES

|             |          |          |          |         |       |
|-------------|----------|----------|----------|---------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA: | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | 1/800   | 4/20  |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CARNÉ: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

ESC.: 1/100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA  
ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

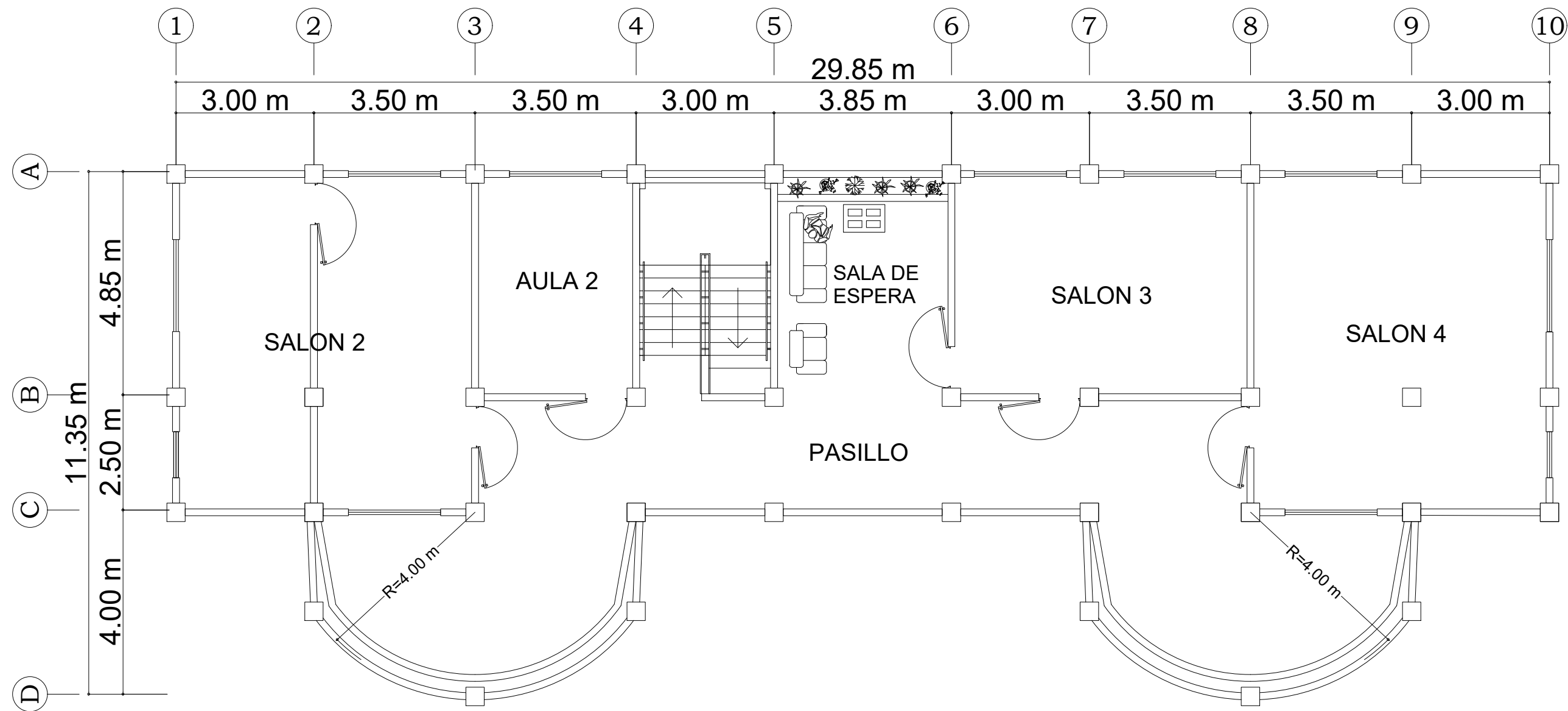
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

|             |          |          |          |         |       |
|-------------|----------|----------|----------|---------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA: | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | 1/100   | 5/20  |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CARNÉ: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA  
ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

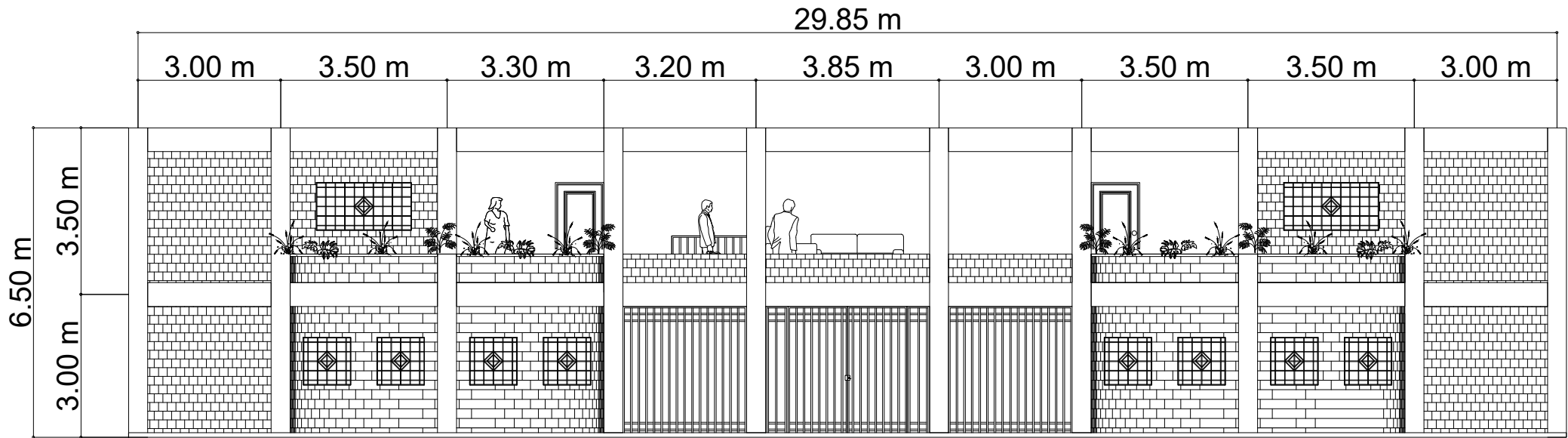
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

|             |          |          |          |         |       |
|-------------|----------|----------|----------|---------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA: | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | 1/100   | 6/20  |

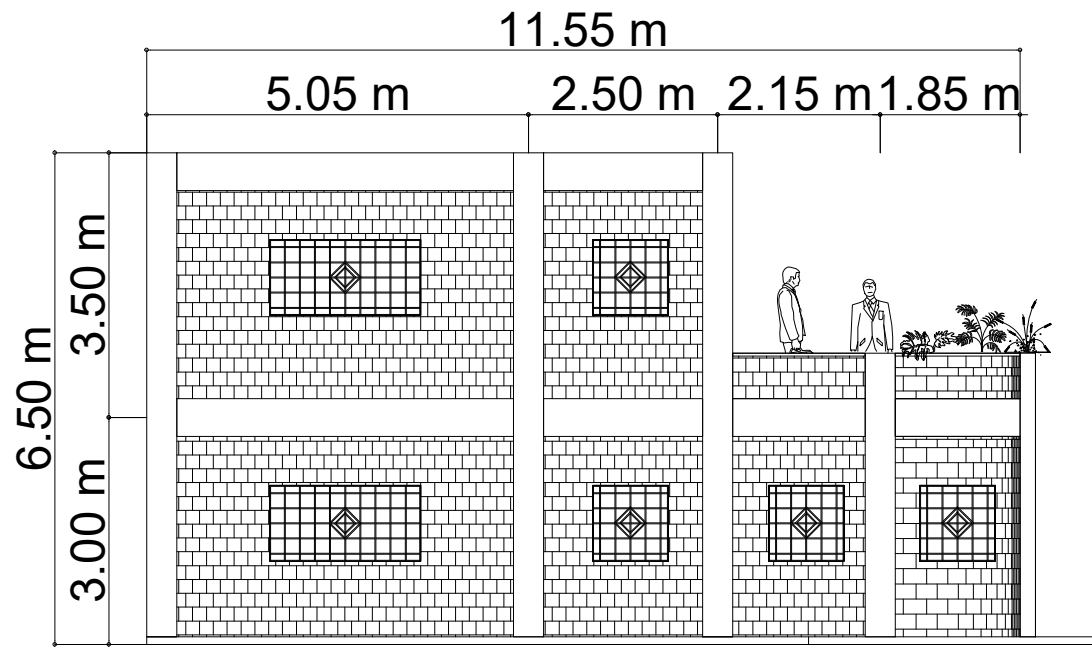
ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CARNÉ: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS

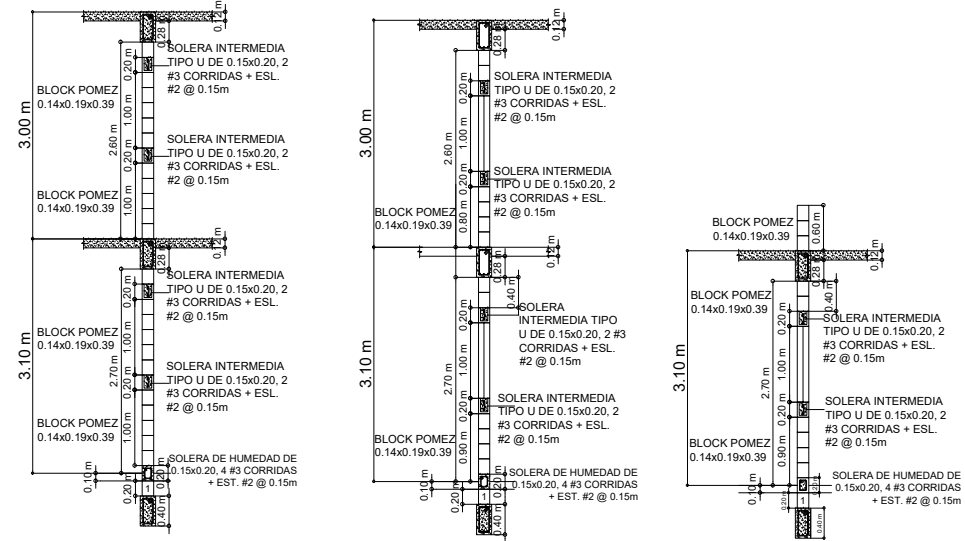


ELEVACIÓN FRONTAL  
ESC.: 1/120



ELEVACIÓN LATERAL  
ESC.: 1/100

## ELEVACIONES Y SECCIÓN DE MURO



SECCIÓN DE MUROS  
ESC.: 1/100

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

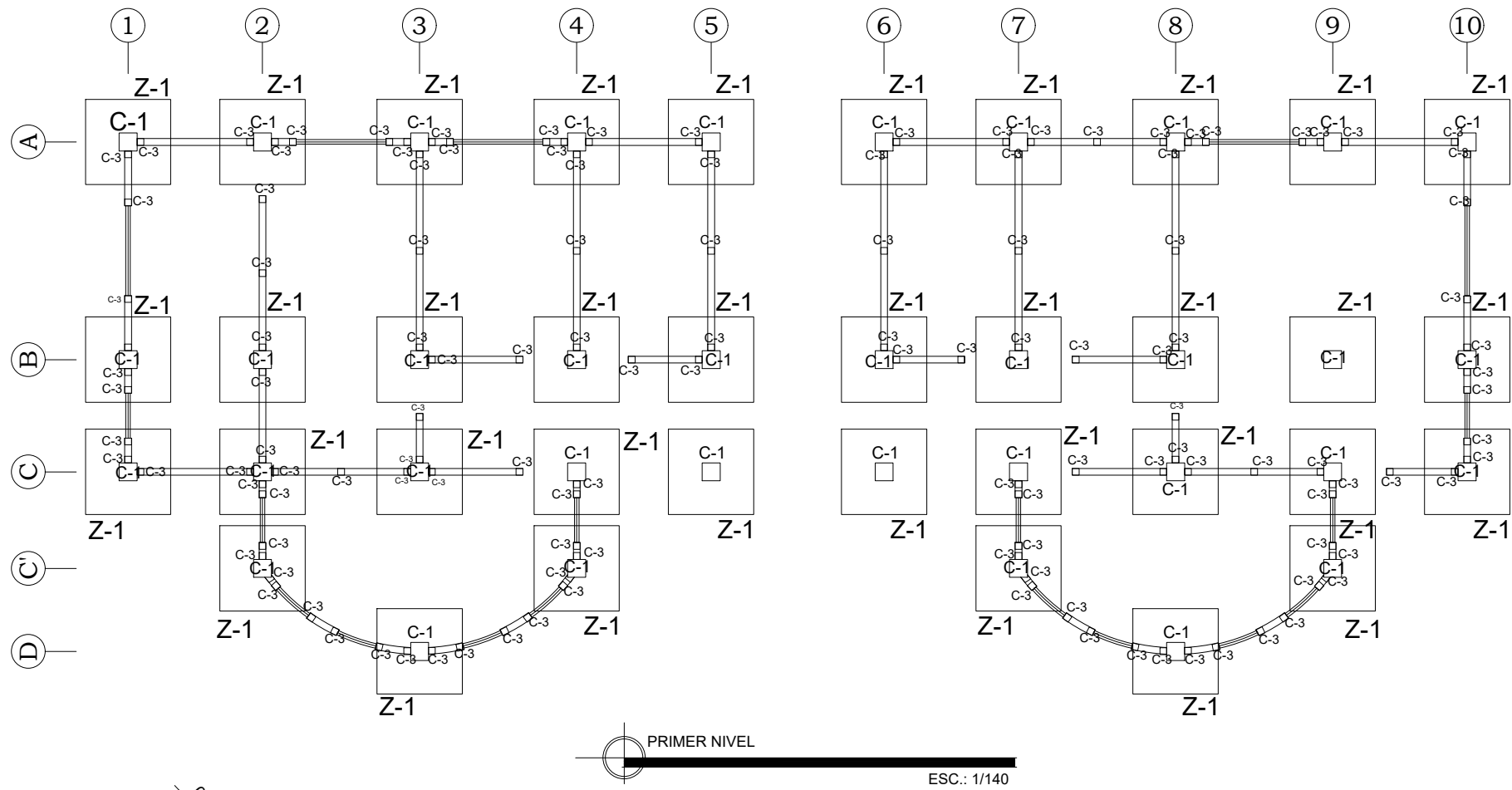
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA  
ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

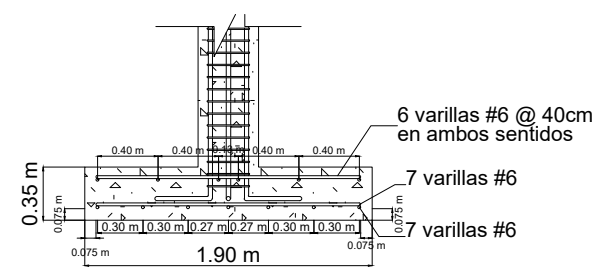
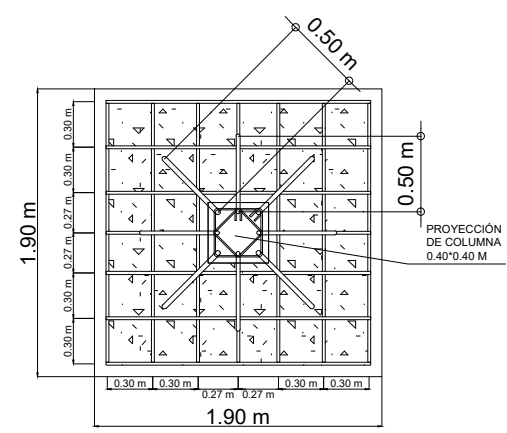
CONTENIDO: ELEVACIONES Y SECCIÓN DE MURO

|             |          |          |          |          |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | INDICADA | 7/20  |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA CARNÉ: 201346077



ZAPATA TÍPICA  
RECUBRIMIENTO  
DE 7.50cm

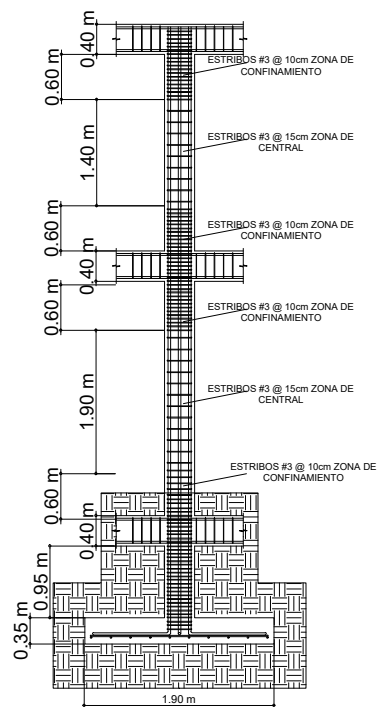


DETALLE DE ZAPATAS  
Refuerzo de varillas  
cama superior: 6 varillas #6 @40cm, ambos sentidos  
cama inferior: 7 varillas #6 @30cm, ambos sentidos  
ESC.: 1/50

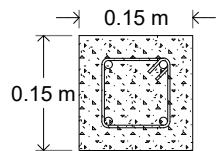
# PLANTA DE COLUMNAS Y ZAPATAS PRIMER NIVEL

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

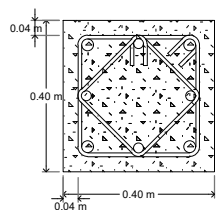
|                           |          |                                                                                                                |           |          |       |
|---------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-------|
| PROYECTO:                 |          | CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA<br>TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA<br>ANA, EL SALVADOR |           |          |       |
| DIRECCIÓN:                |          | CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA                                                           |           |          |       |
| CONTENIDO:                |          | PLANTA DE COLUMNAS Y ZAPATAS PRIMER NIVEL                                                                      |           |          |       |
| TOPOGRAFIA:               | DISEÑO:  | DIBUJO:                                                                                                        | CALCULO:  | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.                  | E.F.P.R. | E.F.P.R.                                                                                                       | E.F.P.R.  | INDICADA | 8/20  |
| ESTUDIANTE:               |          |                                                                                                                | CARNÉ:    |          |       |
| EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          |                                                                                                                | 201346077 |          |       |



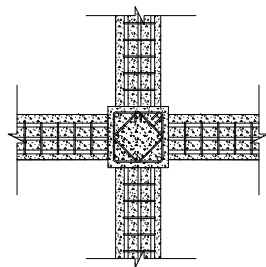
ELEVACIÓN DE COLUMNAS  
ESC.: 1/100



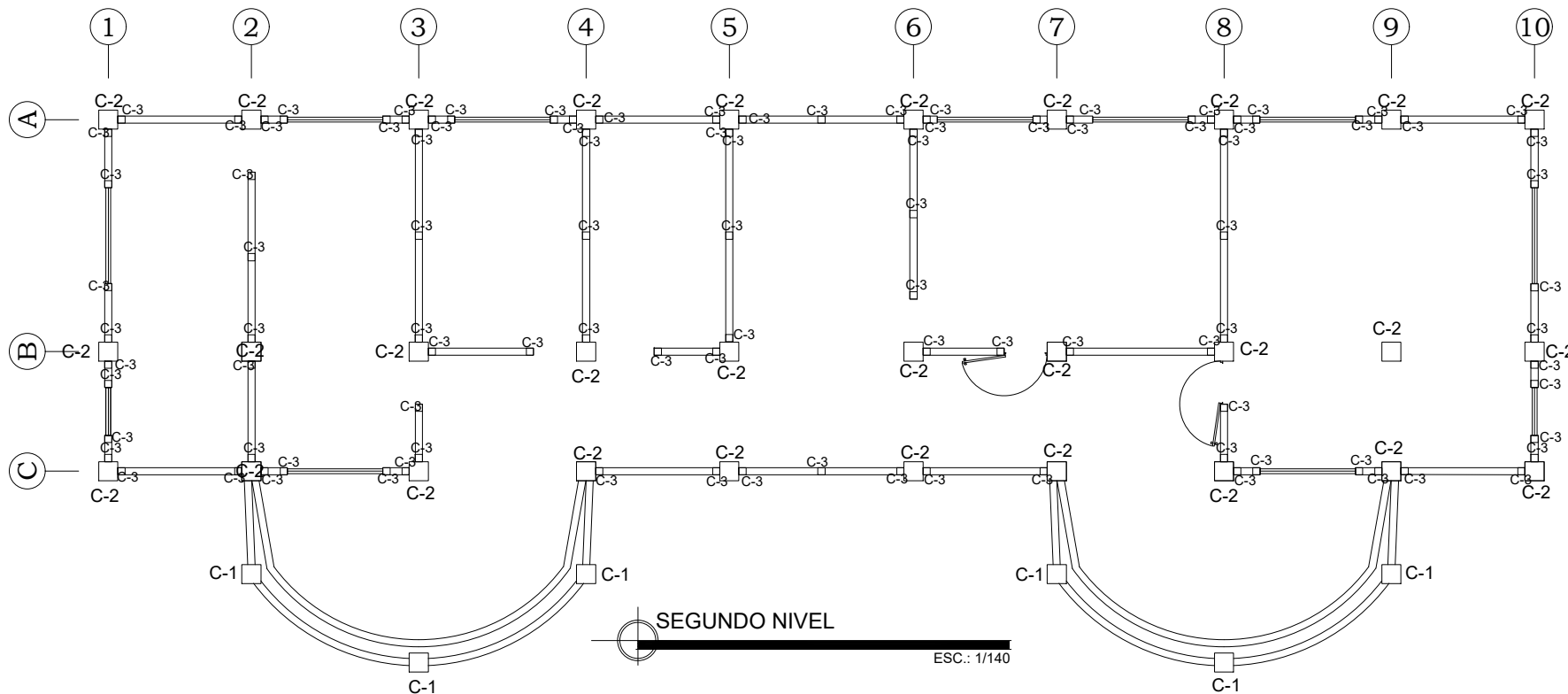
COLUMNA C-3  
4 #3 + EST. #2 @ 15cm  
ESC.: 1/10



COLUMNA C-1 Y C-2  
4 #10 + 4 #8 + ESTRIBOS #3 @ 15cm EN ZONA NO CONFINADA Y @ 10cm EN CONFINAMIENTOS  
ESC.: 1/20



PLANTA UNION VIGA CON COLUMNA  
ESC.: 1/50



PLANTA DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA  
ANA, EL SALVADOR

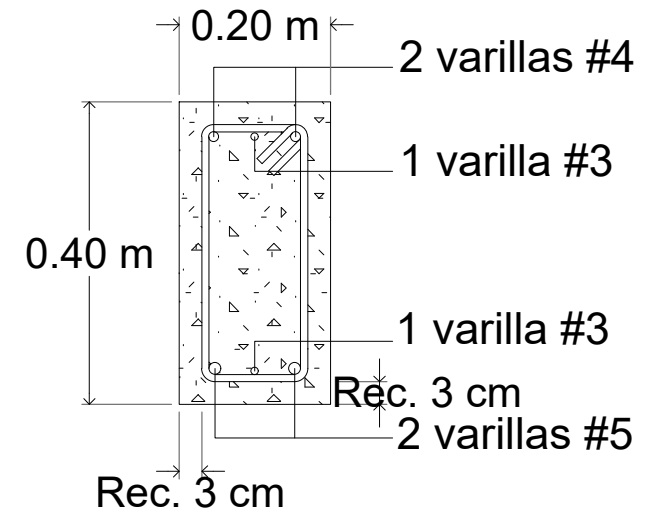
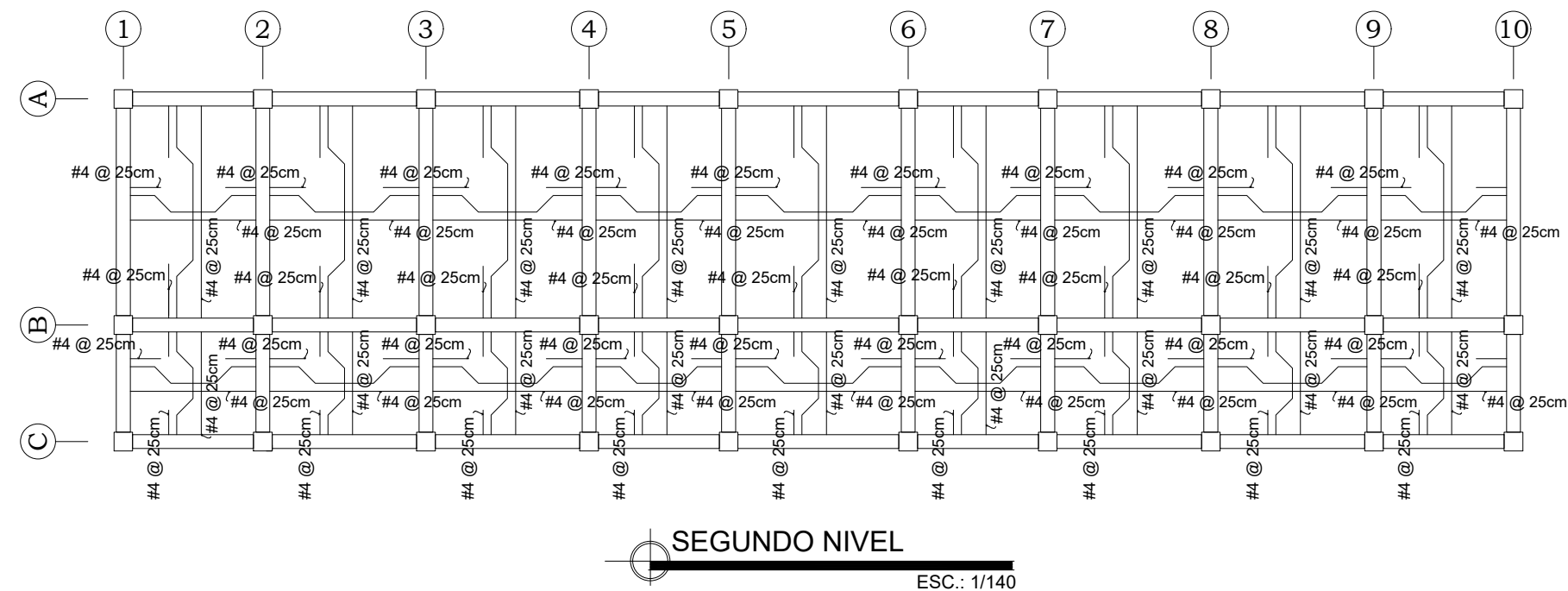
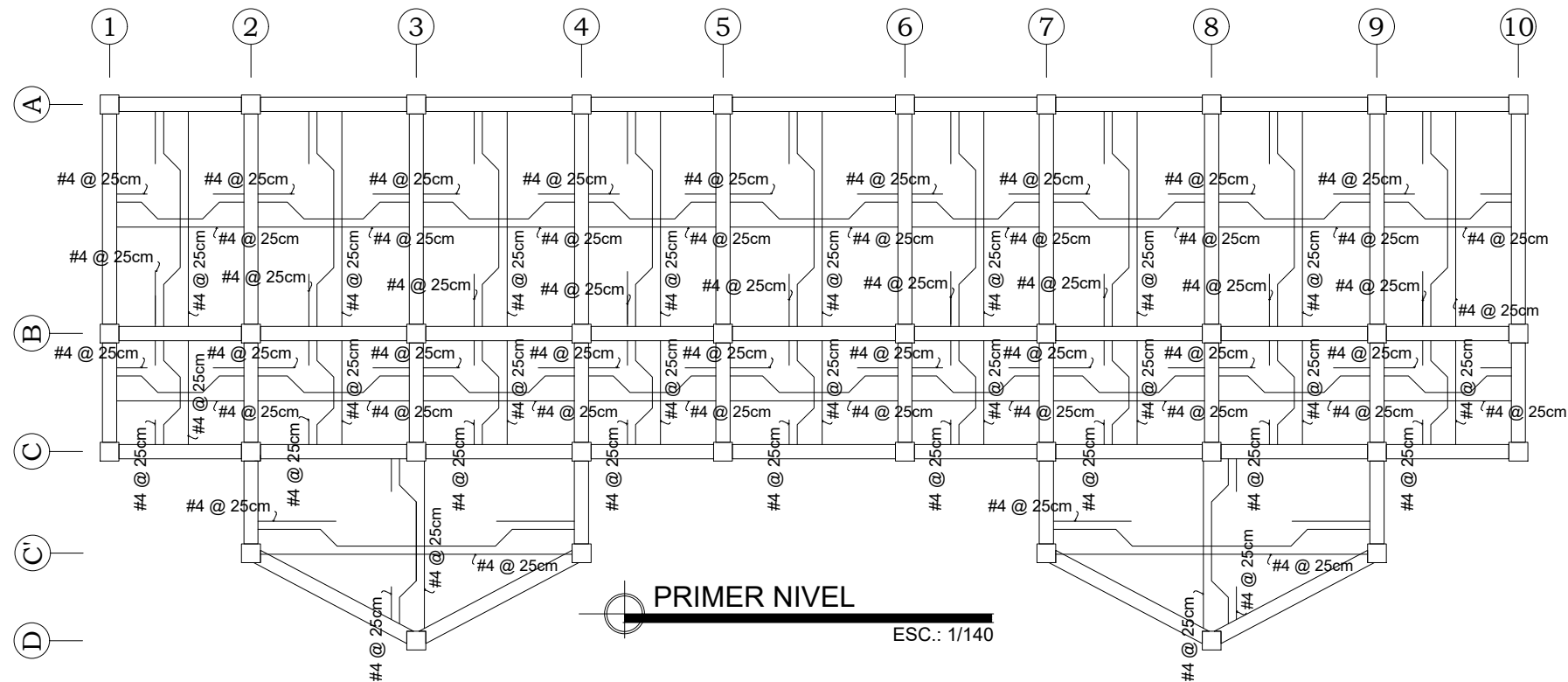
DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: PLANTA DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

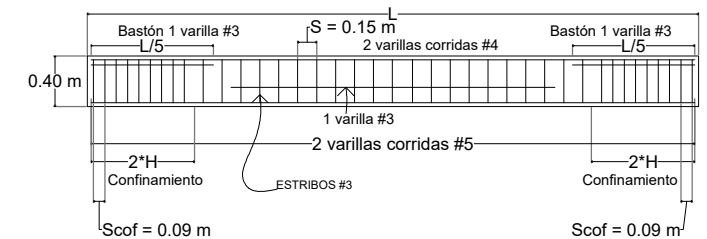
|             |          |          |          |          |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | INDICADA | 9/20  |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA  
CARNÉ: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



VIGA NIVEL 1 Y 2  
ESTRIBOS #3 @9cm EN ZONA DE CONFINAMIENTO ESC.: 1/10  
(0.80m) Y @15cm EN ZONA NO CONFINADA



DETALLE DE VIGA  
ESTRIBOS #3 @9cm EN ZONA DE CONFINAMIENTO ESC.: 1/60  
(0.80m) Y @15cm EN ZONA NO CONFINADA

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA  
ANA, EL SALVADOR

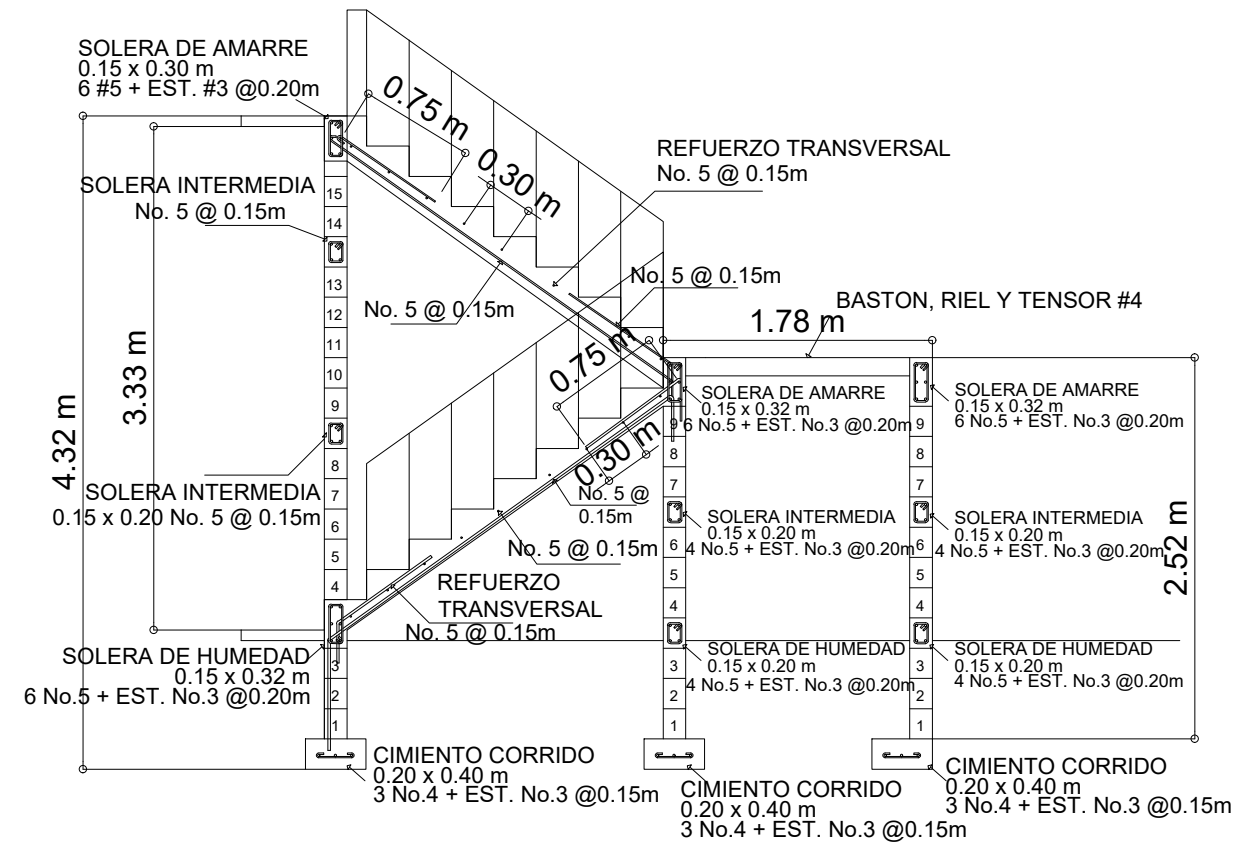
DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: DETALLE ARMADO DE LOSA

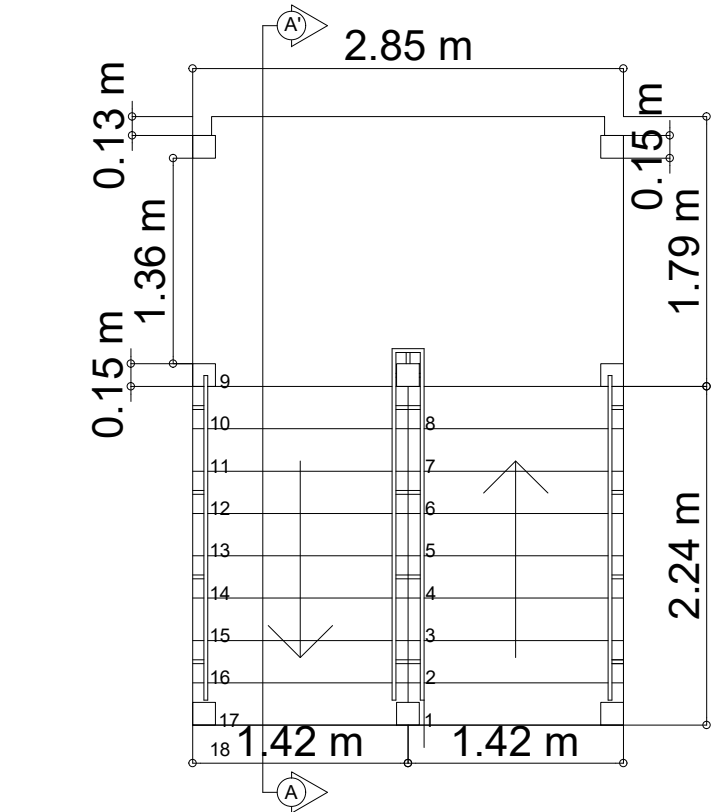
|             |          |          |          |          |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | INDICADA | 10/20 |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA CARNE: 201346077

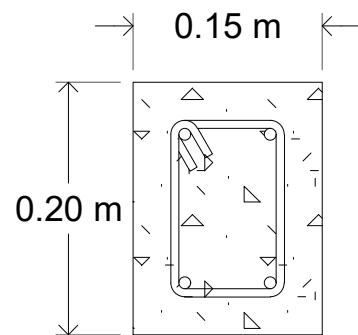
Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



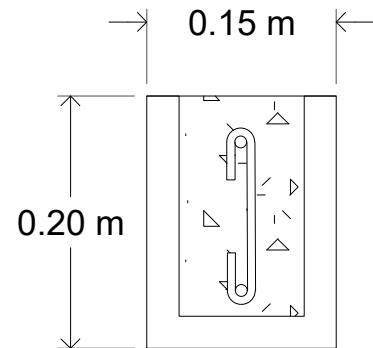
CORTE A-A' MODULO DE GRADAS  
ESC.: 1/50



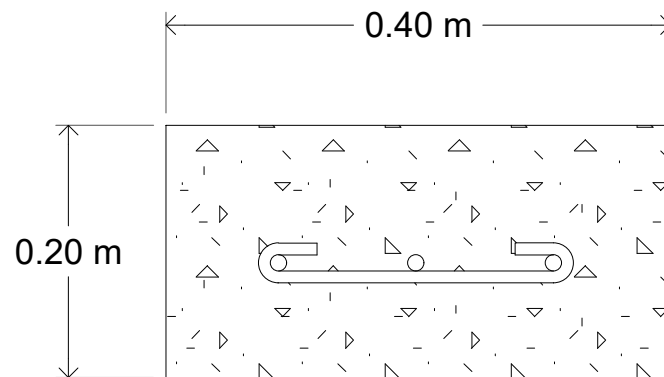
PLANTA MODULA DE GRADAS  
ESC.: 1/50



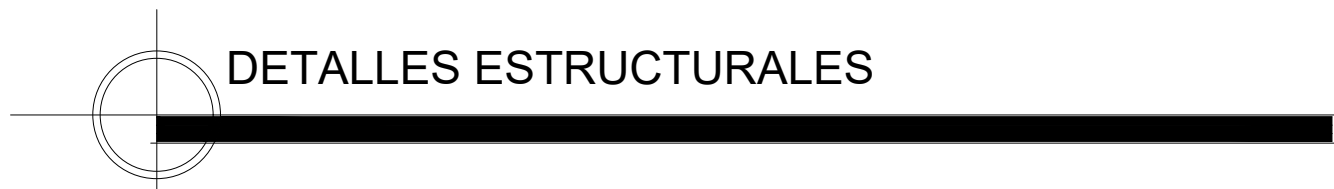
SOLERA DE HUMEDAD  
ESC.: 1/6  
4 VARILLAS #3 CORRIDAS + EST. #2 @15cm



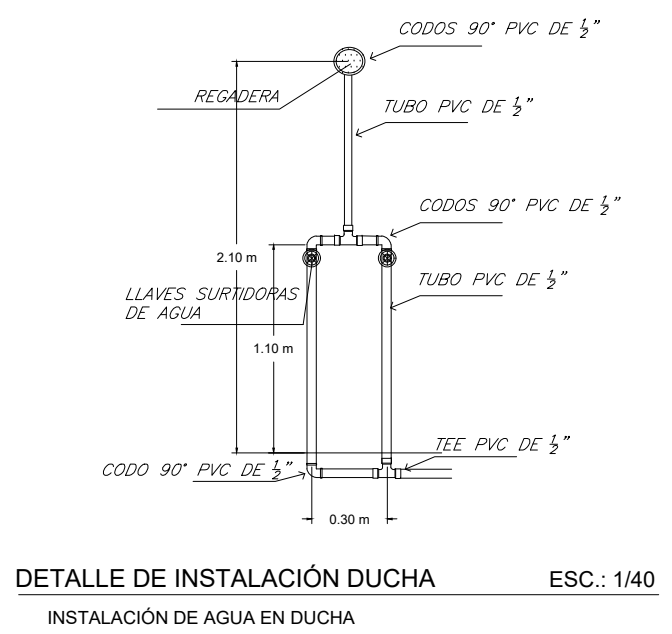
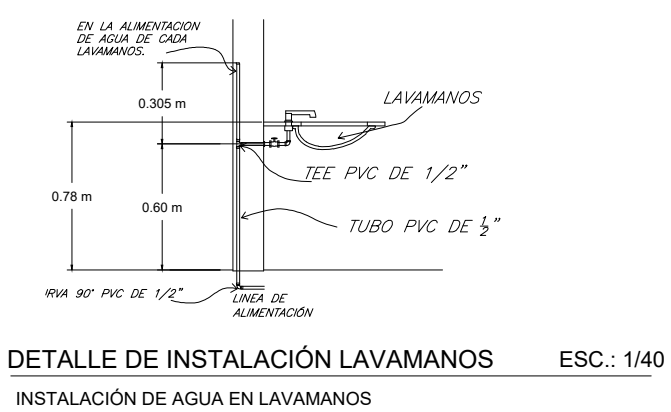
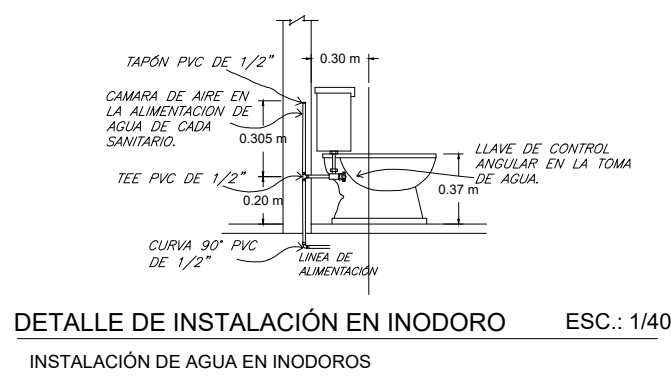
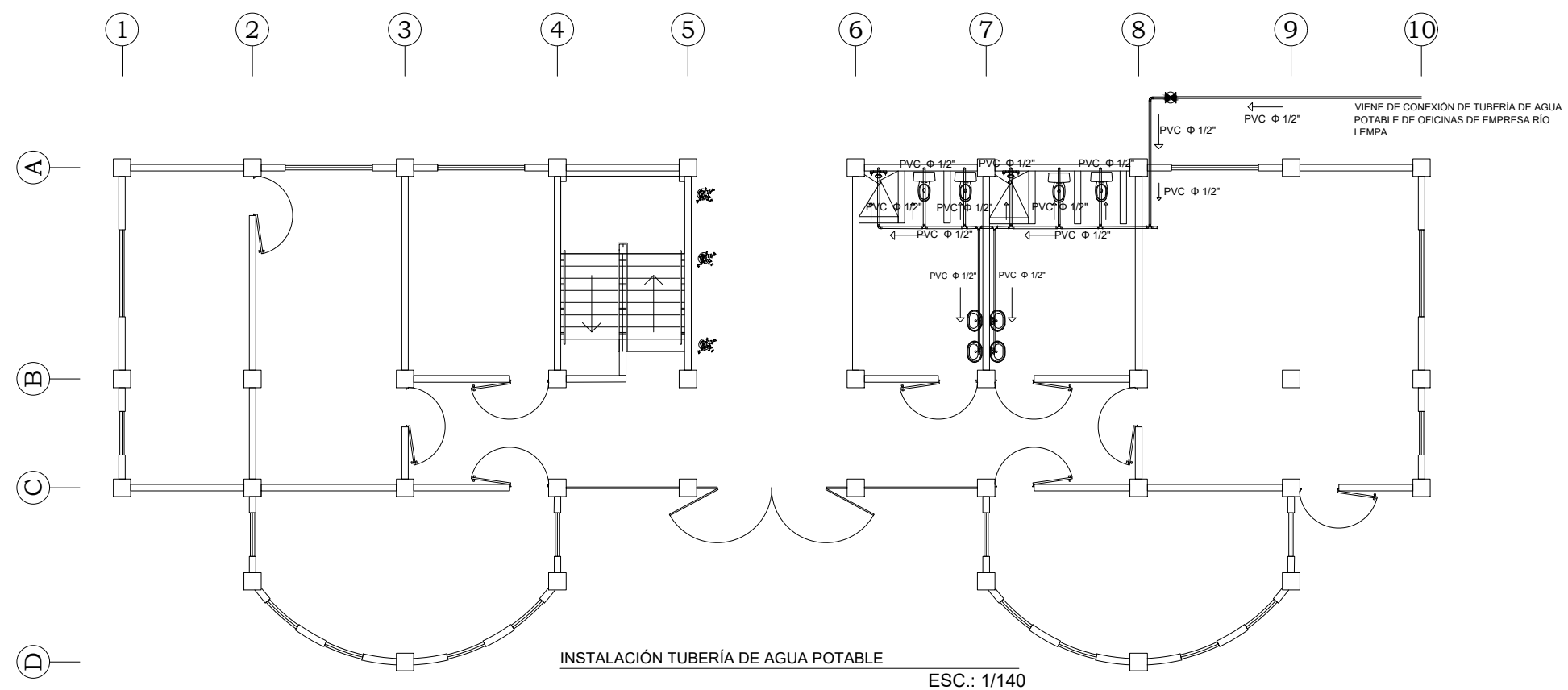
SOLERA INTERMEDIA TIPO U  
ESC.: 1/6  
2 VARILLAS #3 CORRIDAS + ESL. #2 @15cm



CIMENTO CORRIDO PARA GRADAS  
ESC.: 1/6  
3 VARILLAS #3 CORRIDAS + EST. #2 @15cm



|                                                                                                                          |          |          |                  |          |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|----------|-------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS<br>DE GUATEMALA                                                                                |          |          |                  |          |       |
| PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA<br>TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA<br>ANA, EL SALVADOR |          |          |                  |          |       |
| DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA                                                          |          |          |                  |          |       |
| CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES                                                                                        |          |          |                  |          |       |
| TOPOGRAFIA:                                                                                                              | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO:         | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.                                                                                                                 | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R.         | INDICADA | 11/20 |
| ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA                                                                                    |          |          | CARNÉ: 201346077 |          |       |
| Vo. Bo.<br>ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS                                                                             |          |          |                  |          |       |



# PLANTA INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

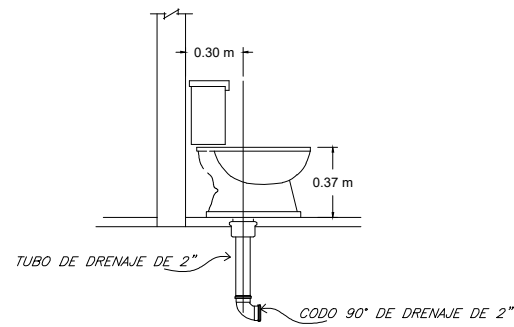
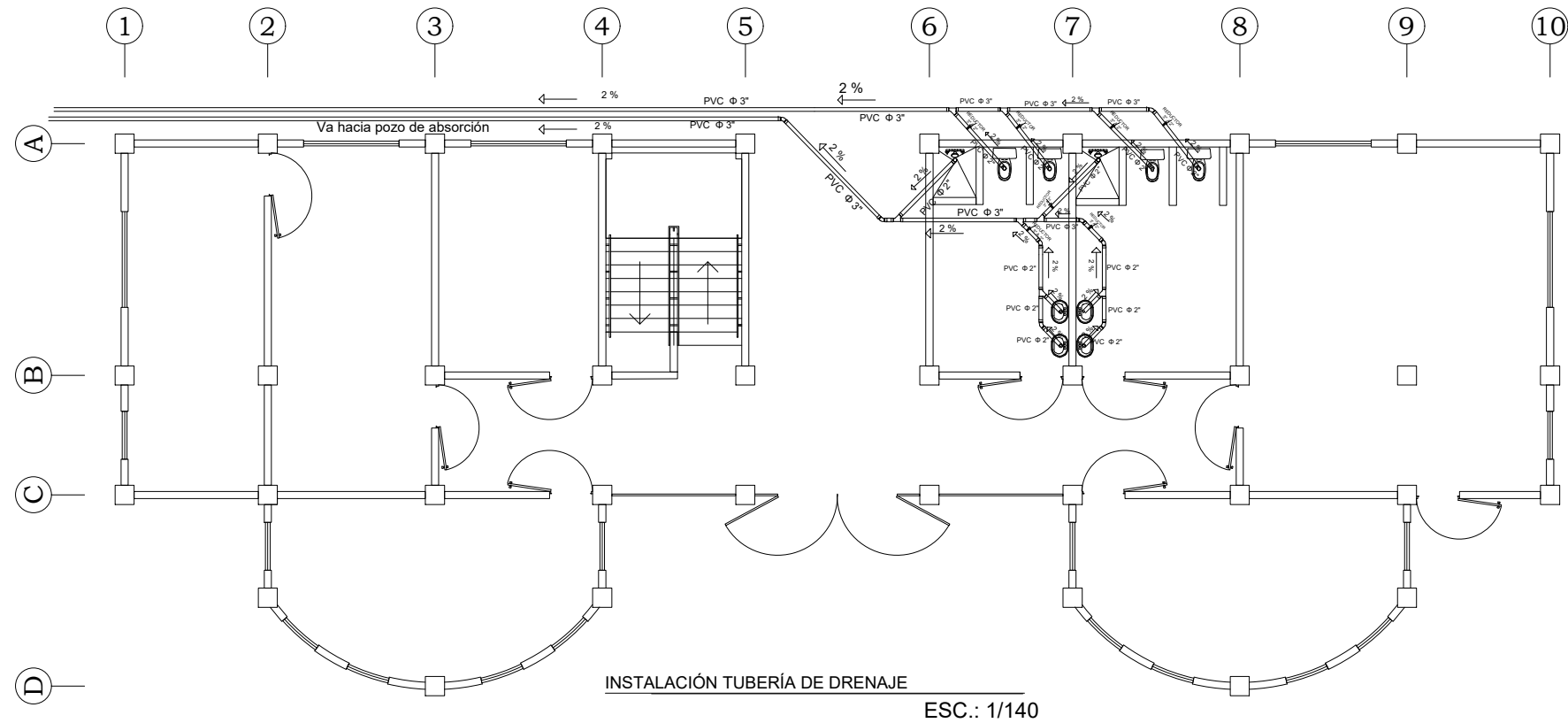
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA  
ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: PLANTA INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE

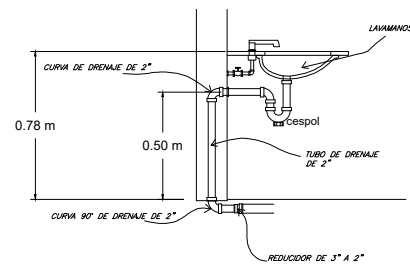
|                                       |          |          |                  |          |          |
|---------------------------------------|----------|----------|------------------|----------|----------|
| TOPOGRAFIA:                           | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO:         | ESCALA:  | HOJA:    |
| E.F.P.R.                              | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R.         | INDICADA | 12<br>20 |
| ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          |          | CARNÉ: 201346077 |          |          |

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



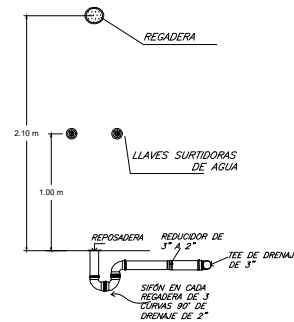
DETALLE DE INSTALACIÓN EN INODORO ESC.: 1/40

INSTALACIÓN DE DRENAJE EN INODOROS



DETALLE DE INSTALACIÓN LAVAMANOS ESC.: 1/40

INSTALACIÓN DE DRENAJE EN LAVAMANOS



DETALLE DE INSTALACIÓN DUCHA ESC.: 1/40

INSTALACIÓN DE DRENAJE EN DUCHA

# PLANTA INSTALACIÓN DE DRENAJE

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: PLANTA INSTALACIÓN DE DRENAJE

|             |          |          |          |          |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | INDICADA | 13/20 |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

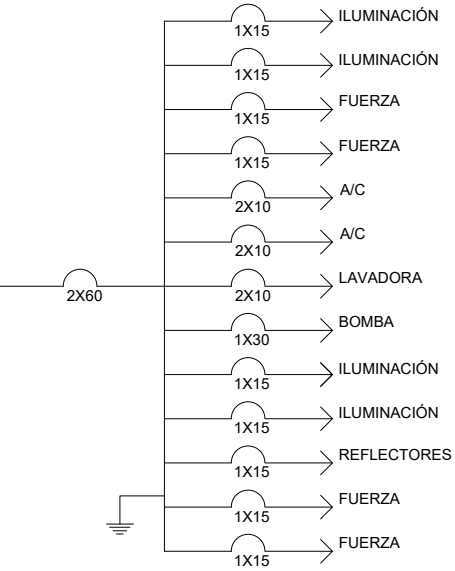
CARNÉ: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS

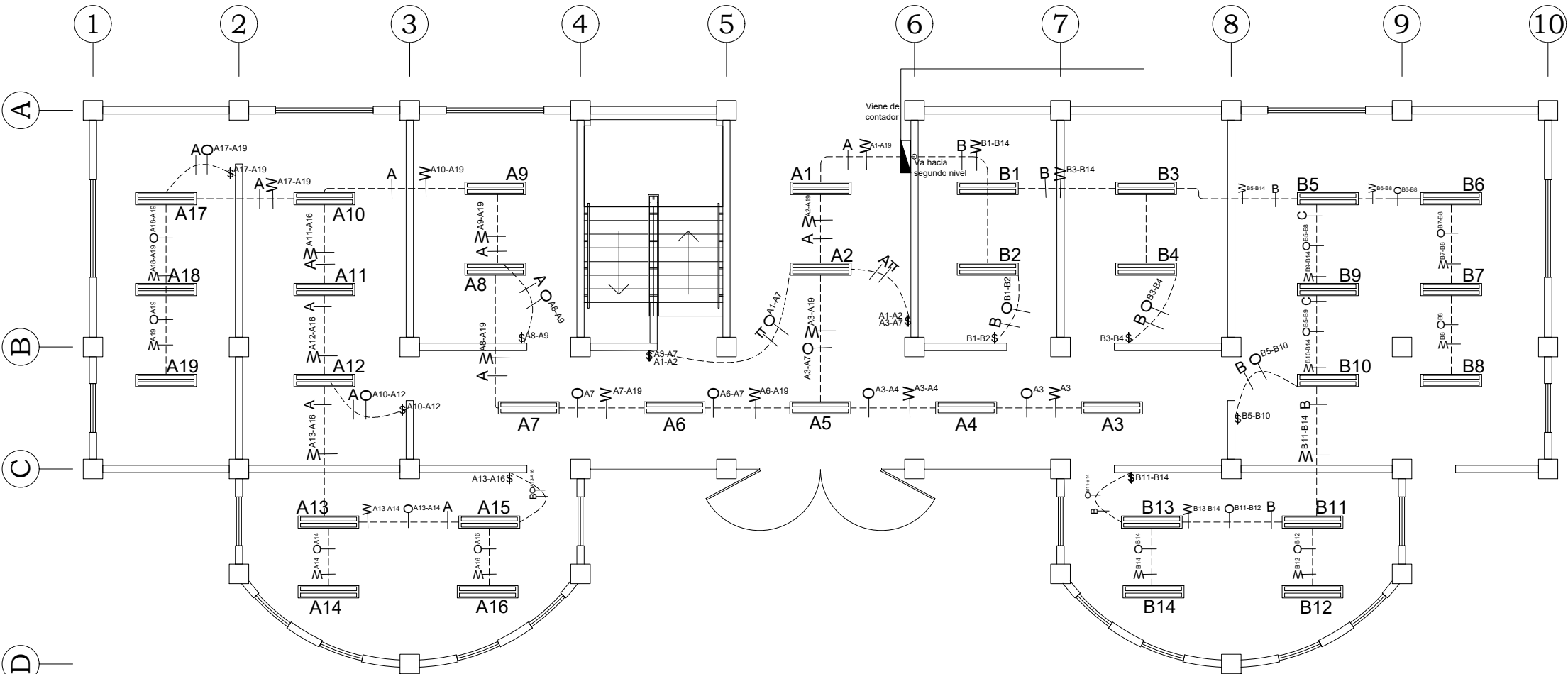
# SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

| Símbolo | Definiciones                                       |
|---------|----------------------------------------------------|
|         | LINEA NEUTRA No. 14. FORRADO                       |
|         | LINEA VIVA No. 14. FORRADO                         |
|         | LINEA RETORNO No. 14. FORRADO                      |
|         | TABLERO DE DISTRIBUCION H=1.80M S.N.P.T.           |
|         | INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20M S.N.P.T.                |
|         | INTERRUPTOR DOBLE H=1.20M S.N.P.T.                 |
|         | CIRCUITO 1                                         |
|         | CIRCUITO 2                                         |
|         | LUMINARIA DE 2x18w LED 120v                        |
|         | DUCTO ELECTRICO DE 3/4" EN CIELO                   |
|         | DUCTO ELECTRICO DE ACOMETIDA 3/4" CONDUCE CABLE #6 |

## DIAGRAMA UNIFILAR



## PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN PRIMER NIVEL



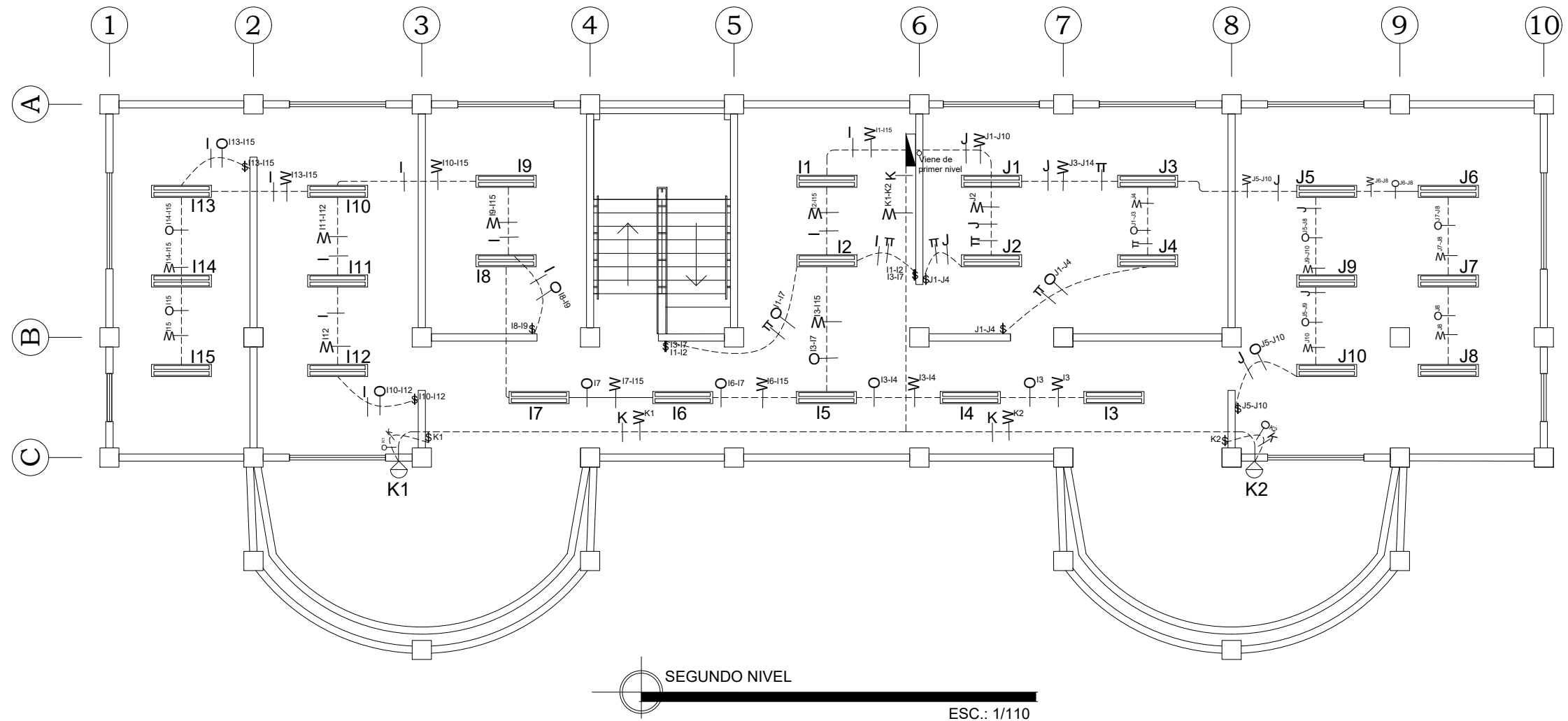
PRIMER NIVEL  
ESC.: 1/110

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

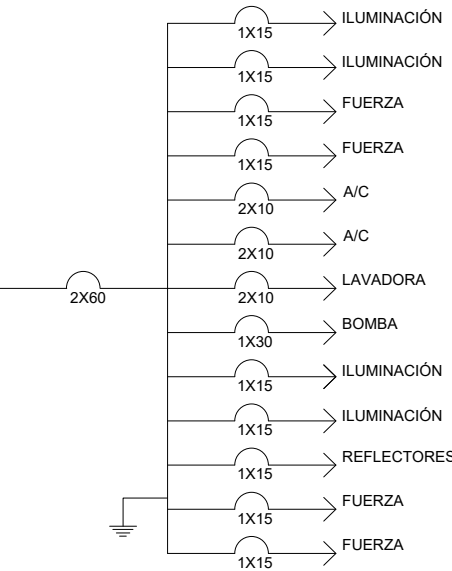
|                           |          |                                                                                                          |          |          |
|---------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| PROYECTO:                 |          | CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR |          |          |
| DIRECCIÓN:                |          | CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA                                                     |          |          |
| CONTENIDO:                |          | PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN PRIMER NIVEL                                                    |          |          |
| TOPOGRAFIA:               | DISEÑO:  | DIBUJO:                                                                                                  | CALCULO: | ESCALA:  |
| E.F.P.R.                  | E.F.P.R. | E.F.P.R.                                                                                                 | E.F.P.R. | INDICADA |
| ESTUDIANTE:               |          | CARNÉ:                                                                                                   |          |          |
| EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          | 201346077                                                                                                |          |          |

# SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

| Símbolo | Definiciones                             |
|---------|------------------------------------------|
|         | LINEA NEUTRA No. 14. FORRADO             |
|         | LINEA VIVA No. 14. FORRADO               |
|         | LINEA RETORNO No. 14. FORRADO            |
|         | TABLERO DE DISTRIBUCION H=1.80M S.N.P.T. |
|         | INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20M S.N.P.T.      |
|         | INTERRUPTOR DOBLE H=1.20M S.N.P.T.       |
|         | CIRCUITO 9                               |
|         | CIRCUITO 10                              |
|         | CIRCUITO 11                              |
|         | LUMINARIA DE 2x18w LED 120v              |
|         | DUCTO ELECTRICO DE 3/4" EN CIELO         |



## DIAGRAMA UNIFILAR



## PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN SEGUNDO NIVEL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA  
ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN SEGUNDO NIVEL

TOPOGRAFIA:  
E.F.P.R.

DISEÑO:  
E.F.P.R.

DIBUJO:  
E.F.P.R.

CALCULO:  
E.F.P.R.

ESCALA:  
INDICADA

HOJA:  
15  
20

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

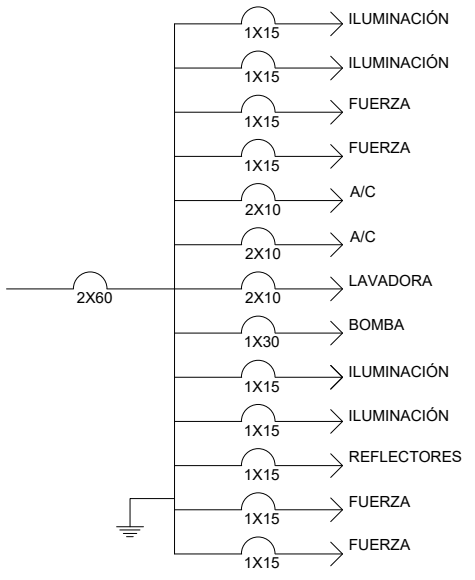
CARNÉ: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS

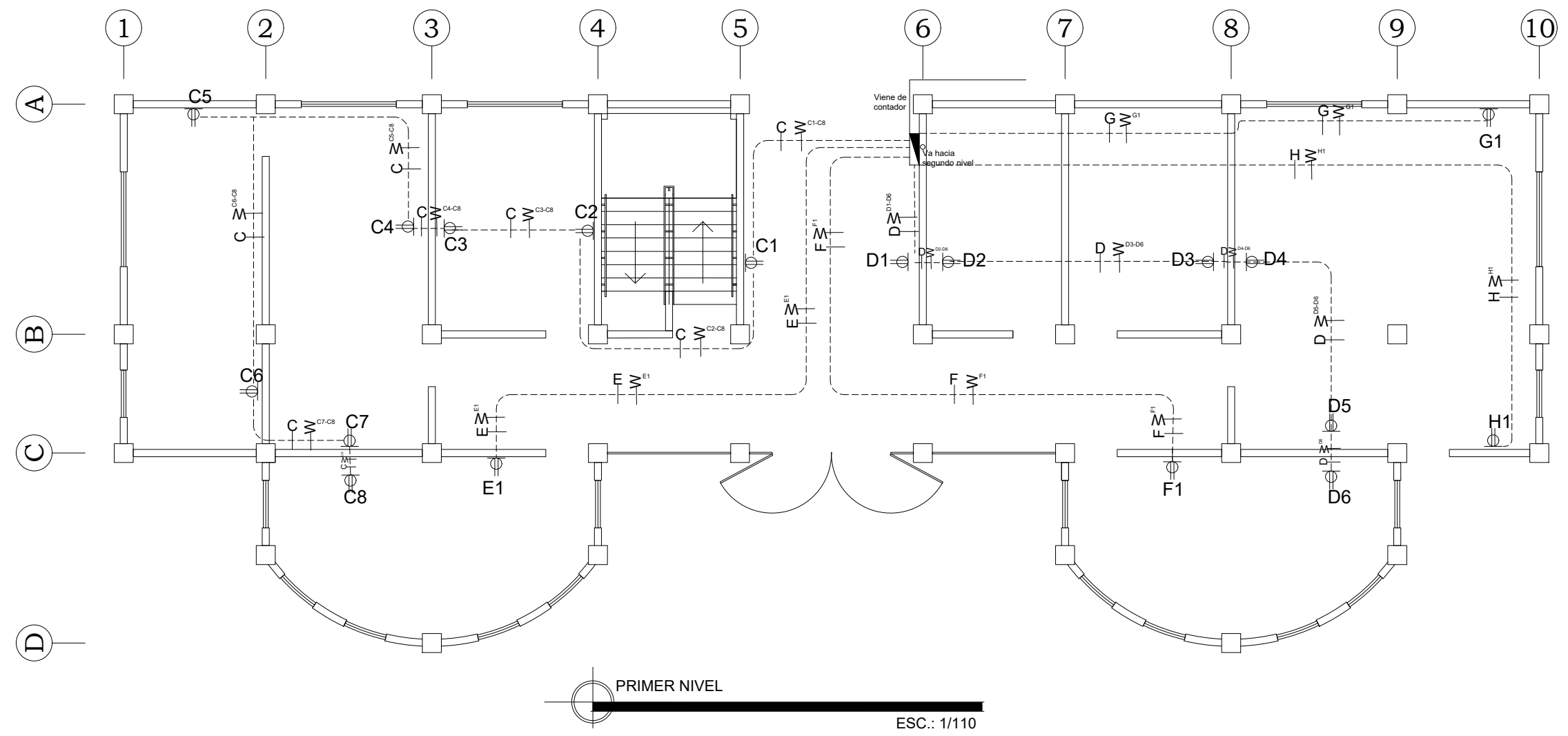
# SIMBOLOGÍA DE FUERZA

| Simbolo | Definiciones                                          |
|---------|-------------------------------------------------------|
|         | LINEA NEUTRA No. 12. FORRADO                          |
|         | LINEA VIVA No. 10. FORRADO                            |
|         | TABLERO DE DISTRIBUCION<br>H=1.80M S.N.P.T.           |
|         | TOMACORRIENTE 120 V<br>H=0.30M S.N.P.T.               |
| C       | CIRCUITO 3                                            |
| D       | CIRCUITO 4                                            |
| E       | CIRCUITO 5                                            |
| F       | CIRCUITO 6                                            |
| G       | CIRCUITO 7                                            |
| H       | CIRCUITO 8                                            |
| -----   | DUCTO ELÉCTRICO DE 3/4" EN CIELO                      |
| —————   | DUCTO ELECTRICO DE ACOMETIDA<br>3/4" CONDUCE CABLE #6 |

## DIAGRAMA UNIFILAR



## PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA PRIMER NIVEL



### UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

|                           |          |                                                                                                          |          |          |
|---------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| PROYECTO:                 |          | CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR |          |          |
| DIRECCIÓN:                |          | CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA                                                     |          |          |
| CONTENIDO:                |          | PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA PRIMER NVIEL                                                         |          |          |
| TOPOGRAFIA:               | DISEÑO:  | DIBUJO:                                                                                                  | CALCULO: | ESCALA:  |
| E.F.P.R.                  | E.F.P.R. | E.F.P.R.                                                                                                 | E.F.P.R. | INDICADA |
| ESTUDIANTE:               |          | CARNÉ:                                                                                                   |          |          |
| EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          | 201346077                                                                                                |          |          |

SIMBOLOGÍA DE FUERZA

| Simbolo | Definiciones                                |
|---------|---------------------------------------------|
|         | LINEA NEUTRA No. 14. FORRADO                |
|         | LINEA VIVA No. 10. FORRADO                  |
|         | TABLERO DE DISTRIBUCION<br>H=1.80M S.N.P.T. |
|         | TOMACORRIENTE 120 V<br>H=0.30M S.N.P.T.     |
|         | CIRCUITO 12                                 |
|         | CIRCUITO 13                                 |
|         | DUCTO ELÉCTRICO DE 3/4" EN CIELO            |

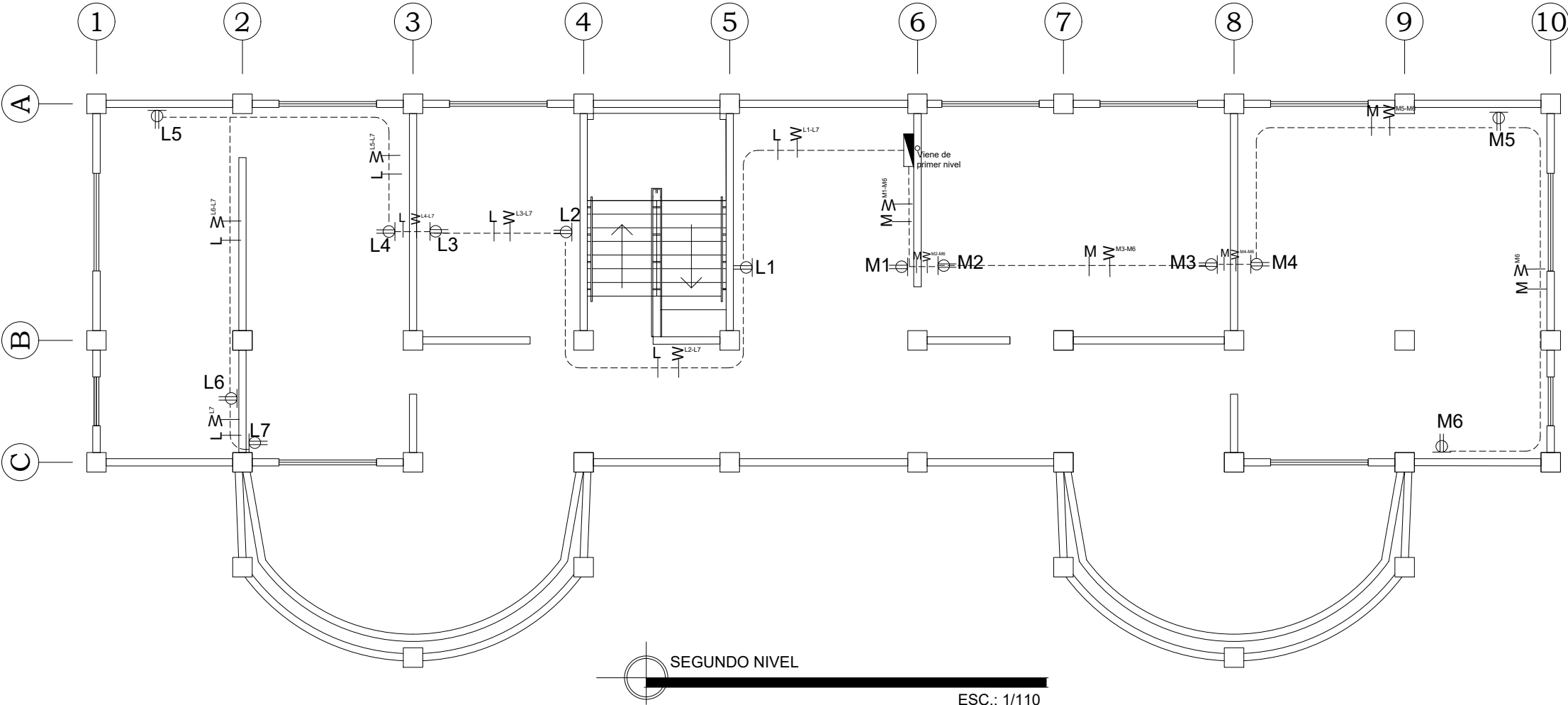
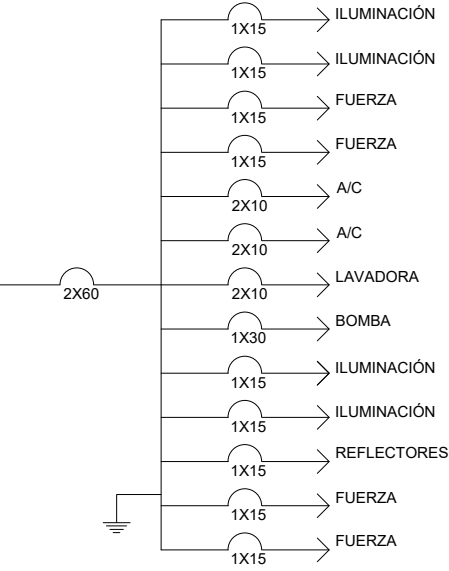


DIAGRAMA UNIFILAR



PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA SEGUNDO NIVEL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

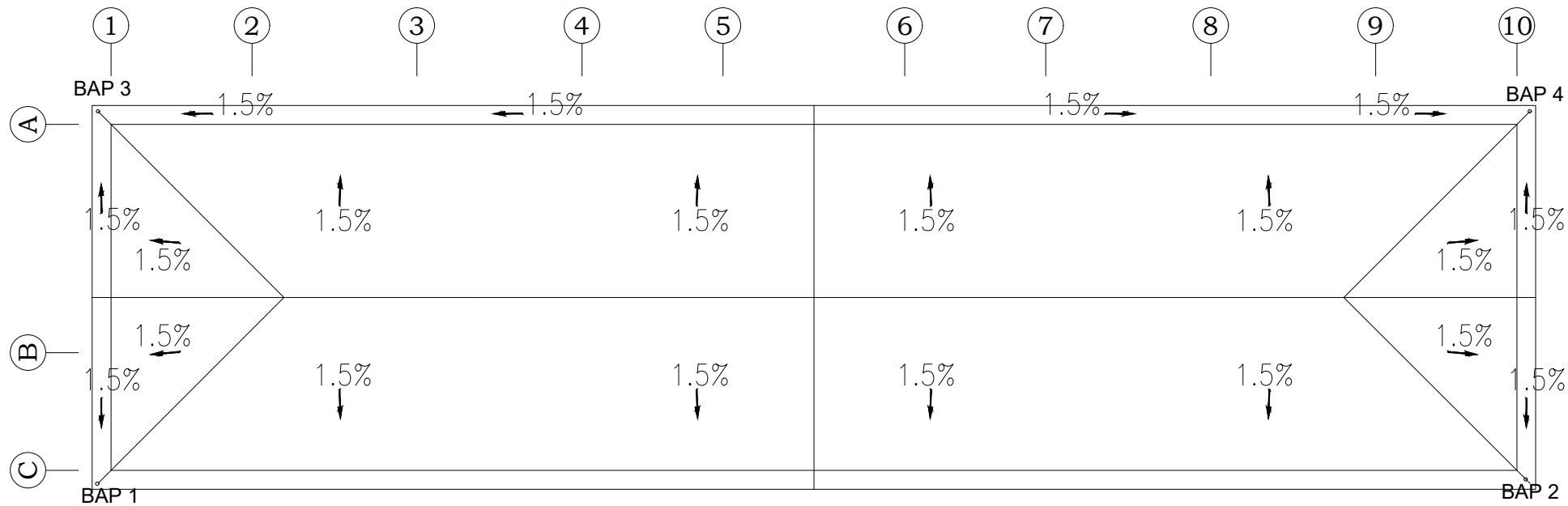
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA SEGUNDO NIVEL

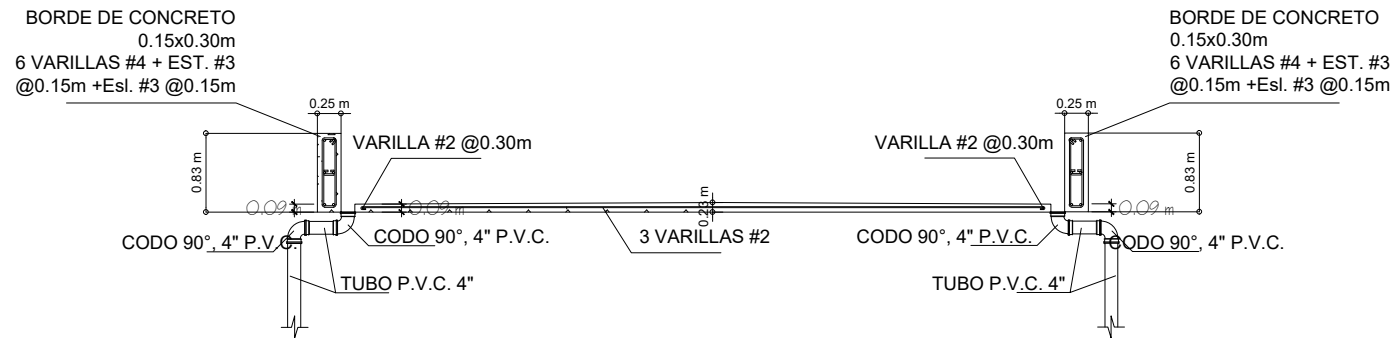
|                                       |          |          |                  |          |       |
|---------------------------------------|----------|----------|------------------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA:                           | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO:         | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.                              | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R.         | INDICADA | 17/20 |
| ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          |          | CARNÉ: 201346077 |          |       |

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



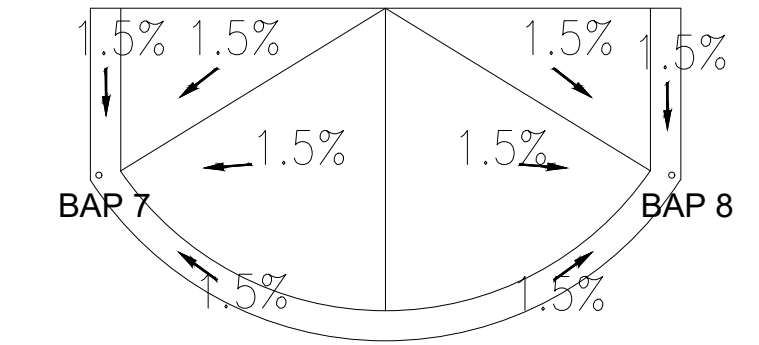
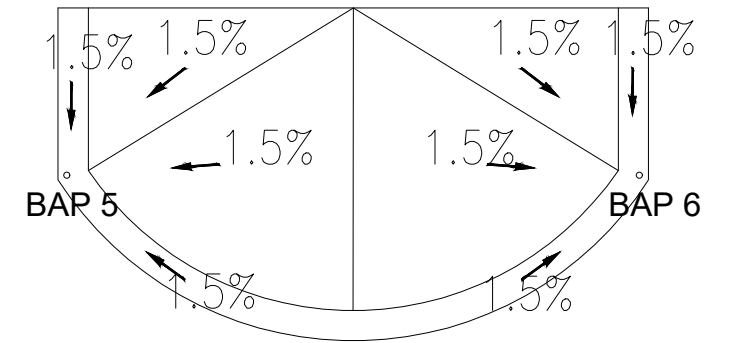
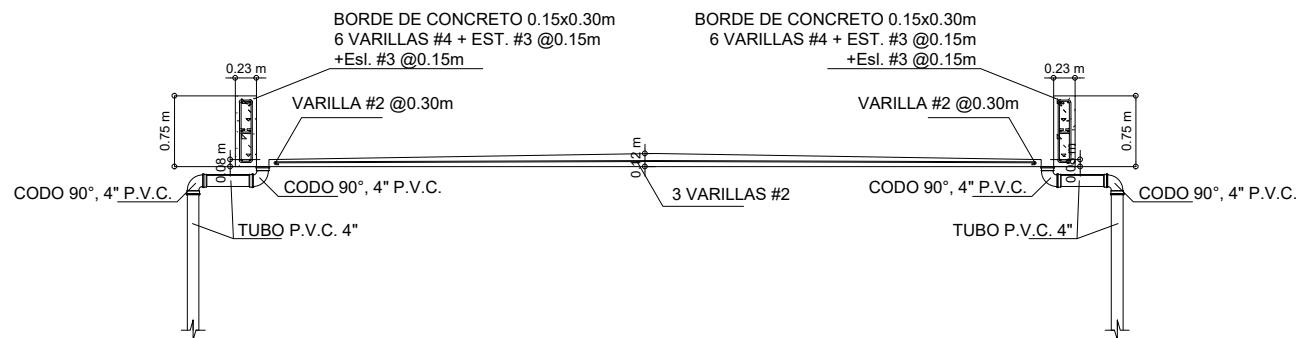
BAP 1  
BAP 3  
ESC.: 1/80

BAP 2  
BAP 4  
ESC.: 1/80



BAP 1  
BAP 2  
ESC.: 1/80

BAP 3  
BAP 4  
ESC.: 1/80



### DETALLES

LA TUBERÍA BAP BAJA EN EL INTERIOR DE LOS MUROS PARA UNA MEJOR PRESENTACIÓN

LA TUBERÍA BAP CONDUCIRÁ EL AGUA HACIA LAS CUNETAS EN EL NIVEL DE SUELO NATURAL

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

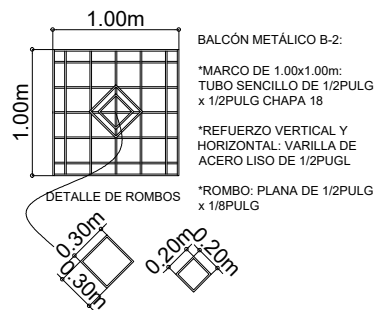
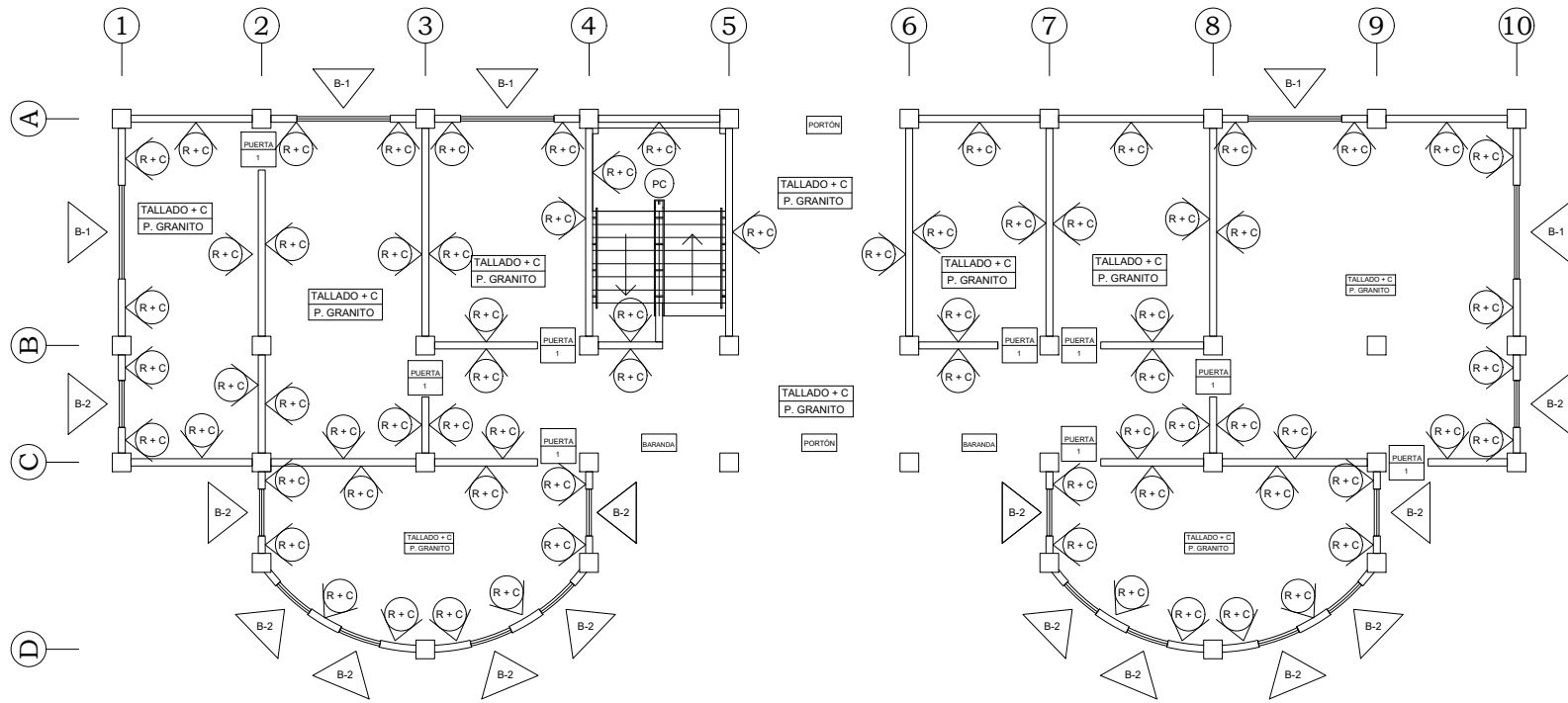
CONTENIDO: PLANTA PAÑUELOS Y BAJADAS DE AGUA PLUVIAL

|             |          |          |          |          |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | INDICADA | 18/20 |

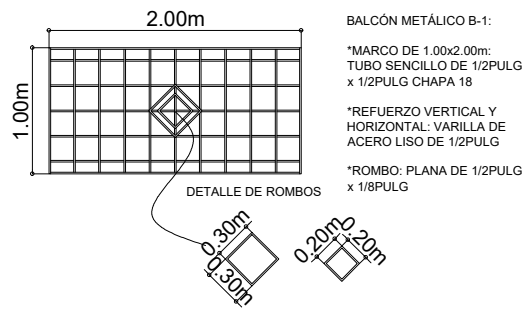
ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CARNÉ: 201346077

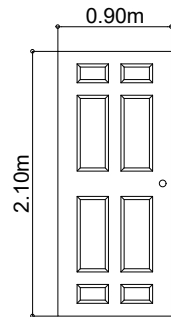
Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



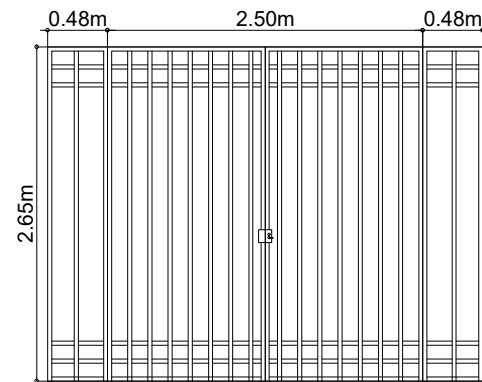
BALCÓN B-2 ESC.: 1/60



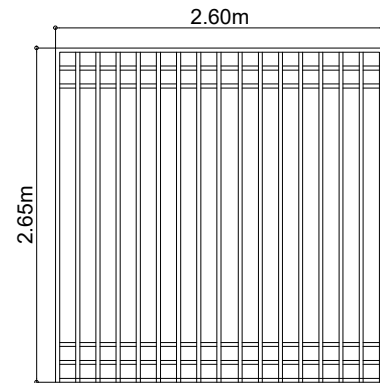
BALCÓN B-1 ESC.: 1/60



PUERTA ESC.: 1/60



PORTÓN DOBLE HOJA ESC.: 1/60



BARANDA ESC.: 1/60

| SIMBOLOGÍA DE ACABADOS |                                                                    |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Símbolo                | Descripción                                                        |
|                        | ACABADO EN PARED: REPELLO + CERNIDO + PINTURA                      |
|                        | ACABADO EN CIELO: TALLADO + CERNIDO<br>P. GRANITO: PISO DE GRANITO |
|                        | ESCALONES PISO DE CONCRETO                                         |

| SIMBOLOGÍA DE PUERTAS Y BALCONES |                                                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Símbolo                          | Descripción                                     |
|                                  | PUERTA BLANCA DE 6 TABLEROS<br>90x210cm         |
|                                  | BALCÓN TIPO 1 DE 2.00m DE ANCHO x 1.00m ALTO    |
|                                  | BALCÓN TIPO 2 DE 1.00m DE ANCHO x 1.00m DE ALTO |
|                                  | BARANDA                                         |
|                                  | PORTÓN                                          |

| PLANILLA DE BALCONES |        |        |        |        |          |  |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|----------|--|
| Tipo                 | SILLAR | DINTEL | ANCHO  | ALTURA | UNIDADES |  |
| B-1                  | 1.10 m | 2.10 m | 2.00 m | 1.00 m | 5        |  |
| B-2                  | 1.10 m | 2.10 m | 1.00 m | 1.00 m | 14       |  |

| PLANILLA DE PUERTAS |        |        |          |  |
|---------------------|--------|--------|----------|--|
| Tipo                | ANCHO  | ALTURA | UNIDADES |  |
| PUERTA 1            | 0.90 m | 2.10 m | 9        |  |
| PORTÓN              | 2.50 m | 2.65 m | 2        |  |

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

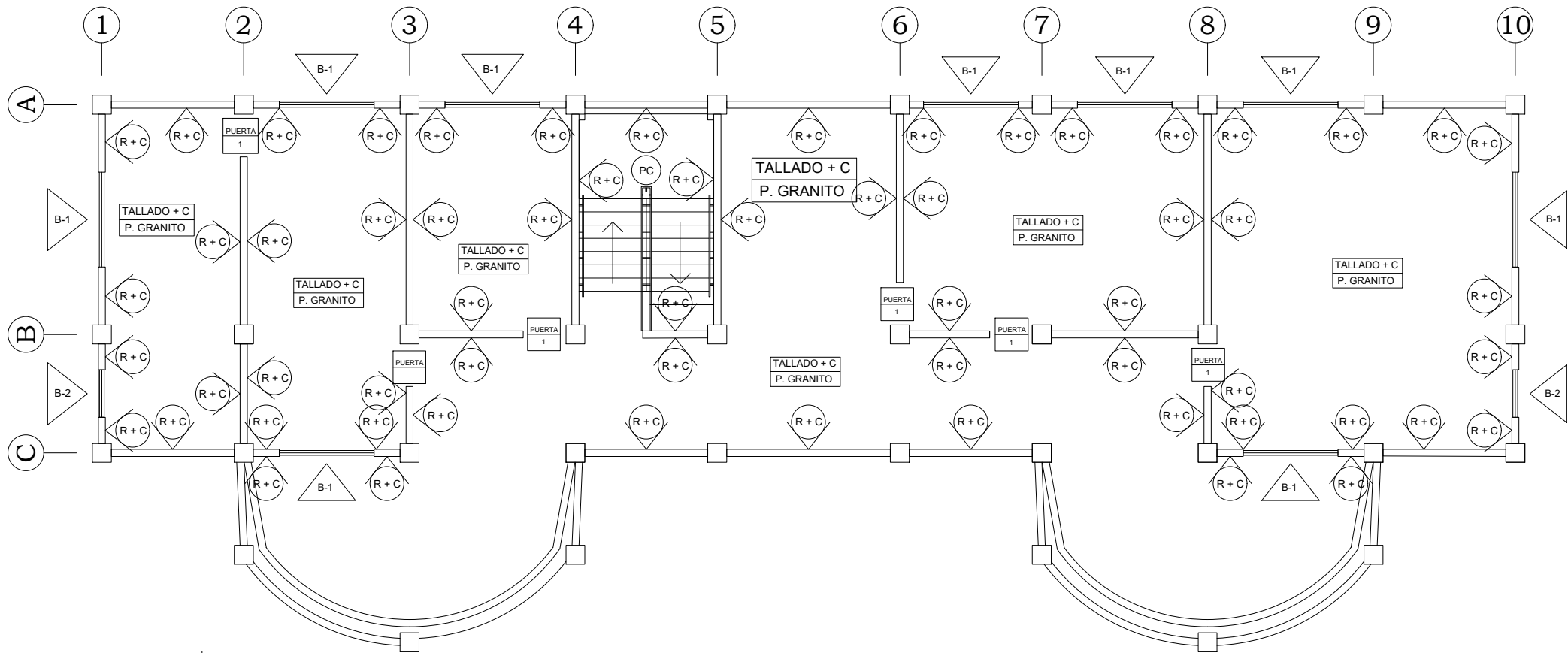
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

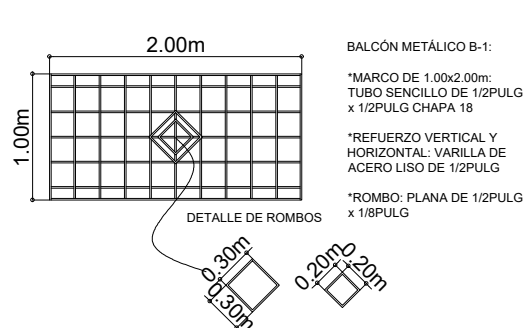
CONTENIDO: PLANTA ACABADOS PRIMER NIVEL

|                                       |          |          |                  |          |       |
|---------------------------------------|----------|----------|------------------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA:                           | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO:         | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.                              | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R.         | INDICADA | 19/20 |
| ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          |          | CARNÉ: 201346077 |          |       |

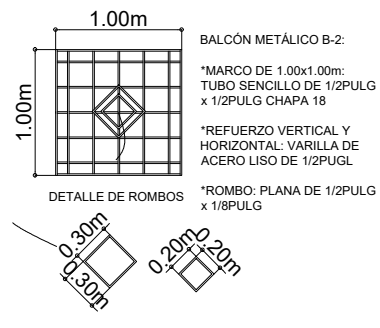
Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



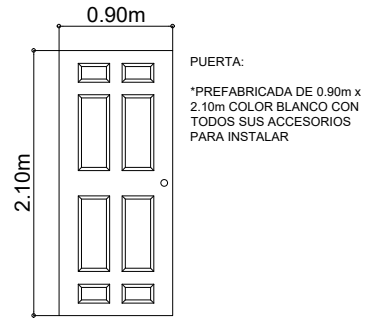
SEGUNDO NIVEL  
ESC.: 1/90



BALCÓN B-2  
ESC.: 1/60



BALCÓN B-1  
ESC.: 1/60



PUERTA  
ESC.: 1/60

| SIMBOLOGÍA DE ACABADOS |                                                                    |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Símbolo                | Descripción                                                        |
|                        | ACABADO EN PARED: REPELLO + CERNIDO + PINTURA                      |
|                        | ACABADO EN CIELO: TALLADO + CERNIDO<br>P. GRANITO: PISO DE GRANITO |
|                        | ESCALONES PISO DE CONCRETO                                         |

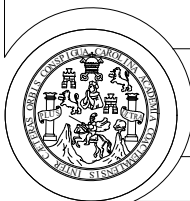
| SIMBOLOGÍA DE PUERTAS Y BALCONES |                                                 |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|
| Símbolo                          | Descripción                                     |
|                                  | PUERTA BLANCA DE 6 TABLEROS<br>90x210cm         |
|                                  | BALCÓN TIPO 1 DE 2.00m DE ANCHO x 1.00m ALTO    |
|                                  | BALCÓN TIPO 2 DE 1.00m DE ANCHO x 1.00m DE ALTO |
|                                  | BARANDA                                         |
|                                  | PORTÓN                                          |

| PLANILLA DE BALCONES |        |        |        |        |          |  |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|----------|--|
| Tipo                 | SILLAR | DINTEL | ANCHO  | ALTURA | UNIDADES |  |
| B-1                  | 1.10 m | 2.10 m | 2.00 m | 1.00 m | 5        |  |
| B-2                  | 1.10 m | 2.10 m | 1.00 m | 1.00 m | 14       |  |

| PLANILLA DE PUERTAS |        |        |          |
|---------------------|--------|--------|----------|
| Tipo                | ANCHO  | ALTURA | UNIDADES |
| PUERTA 1            | 0.90 m | 2.10 m | 9        |
| PORTÓN              | 2.50 m | 2.65 m | 2        |

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

|                           |          |                                                                                                          |          |          |
|---------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| PROYECTO:                 |          | CENTRO DE CAPACITACIÓN EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONA, CANDELARIA DE LA FORNTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR |          |          |
| DIRECCIÓN:                |          | CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA                                                     |          |          |
| CONTENIDO:                |          | PLANTA ACABADOS SEGUNDO NIVEL                                                                            |          |          |
| TOPOGRAFIA:               | DISEÑO:  | DIBUJO:                                                                                                  | CALCULO: | ESCALA:  |
| E.F.P.R.                  | E.F.P.R. | E.F.P.R.                                                                                                 | E.F.P.R. | INDICADA |
| ESTUDIANTE:               |          | CARNÉ:                                                                                                   |          |          |
| EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          | 201346077                                                                                                |          |          |



CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONAL DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA  
FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

PAÍS: **EL SALVADOR**

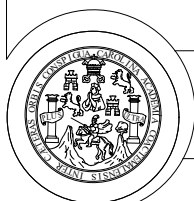
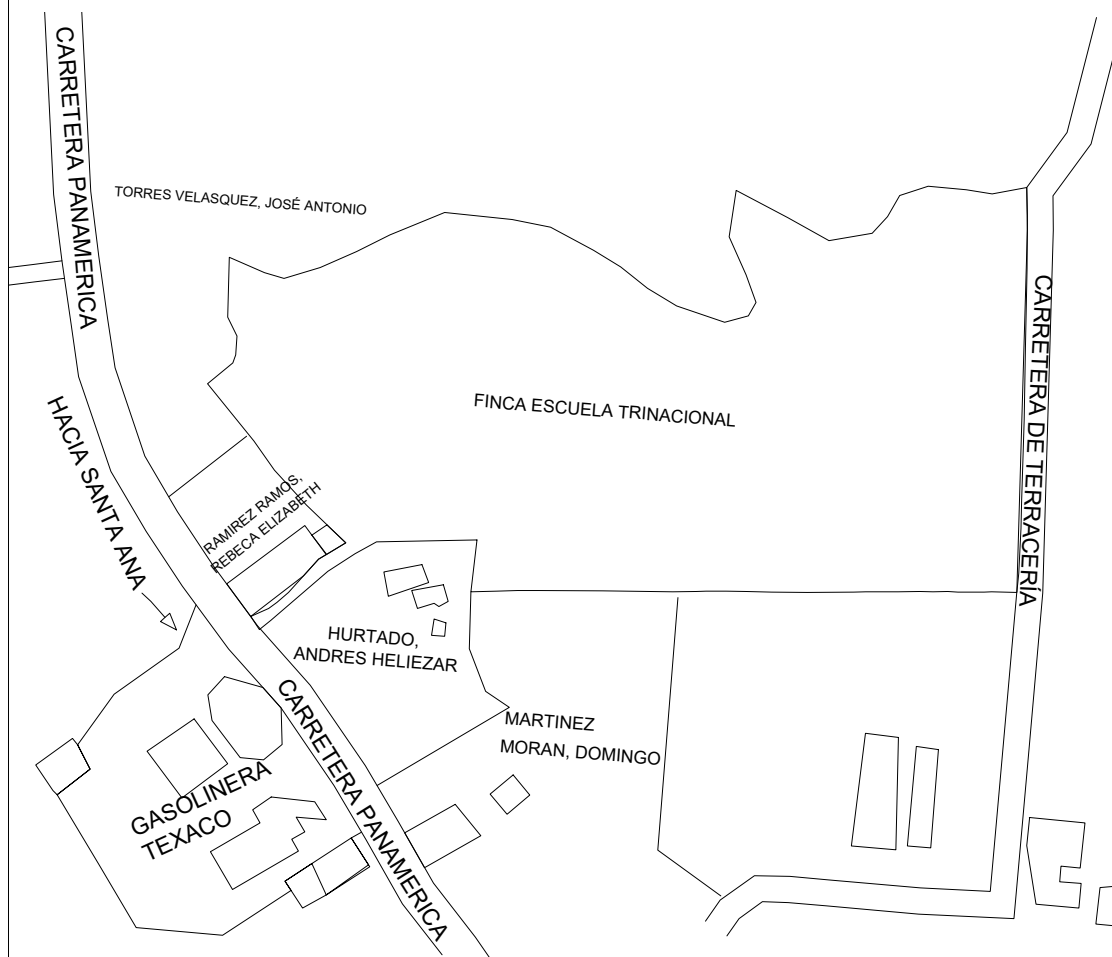
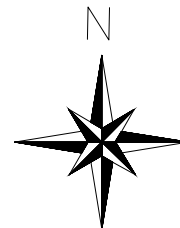
DEPARTAMENTO: **SANTA ANA**

MUNICIPIO: **CANDELARIA DE LA FRONTERA**

CONTENIDO DEL PLANO:

**PLANO DE LOCALIZACIÓN**

1 / 13



CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA  
TRINACIONAL DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA  
FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

PAÍS: EL SALVADOR

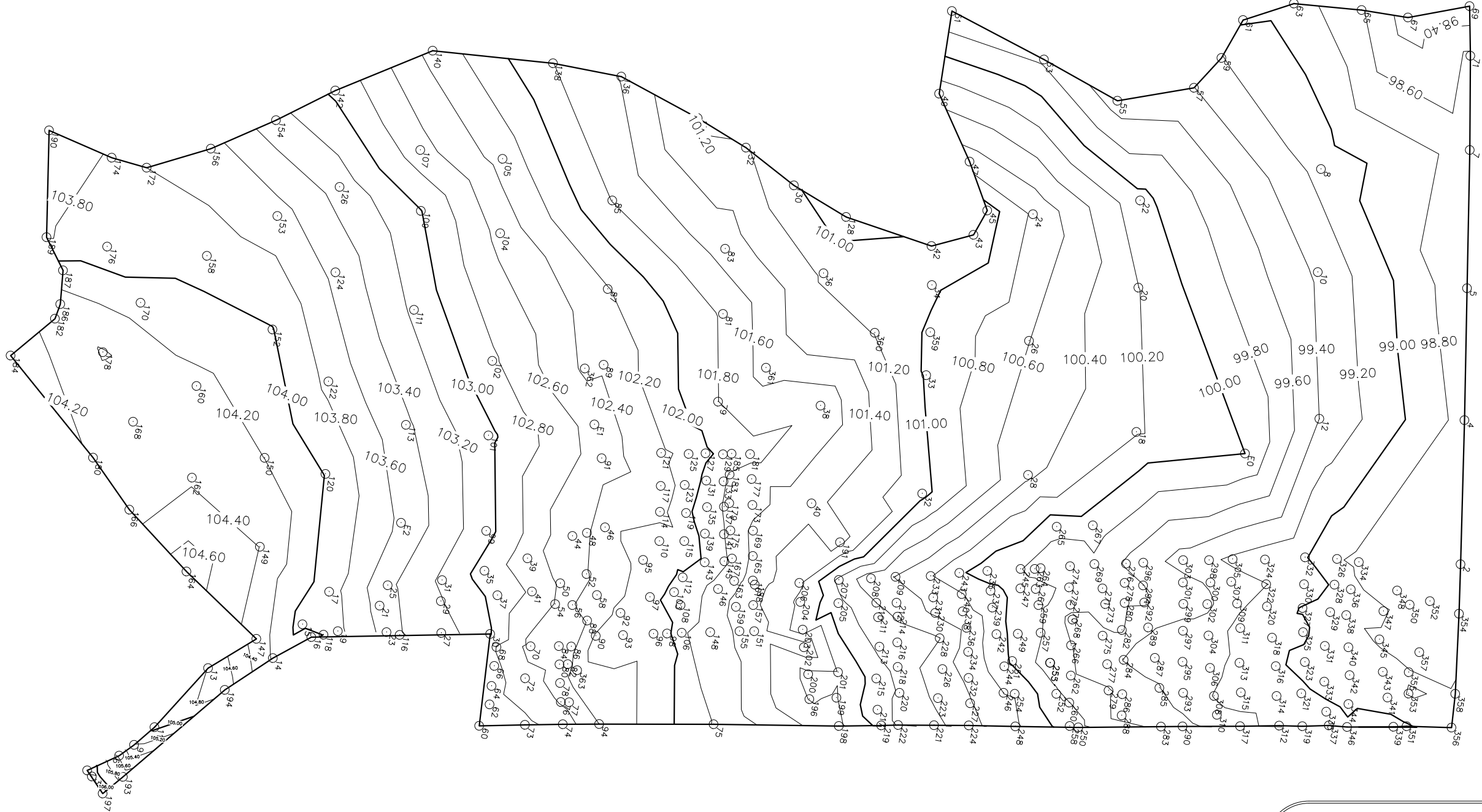
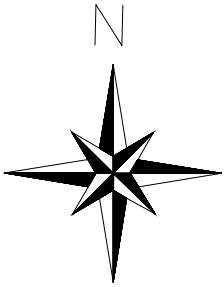
DEPARTAMENTO: SANTA ANA

MUNICIPIO: CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO DEL PLANO:

PLANO DE UBICACIÓN

2 / 13



## PLANTA DE PUNTOS Y CURVAS DE NIVEL

ESC.: 1/800

### UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA  
ESCUOLA TRINACIONAL DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA,  
CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

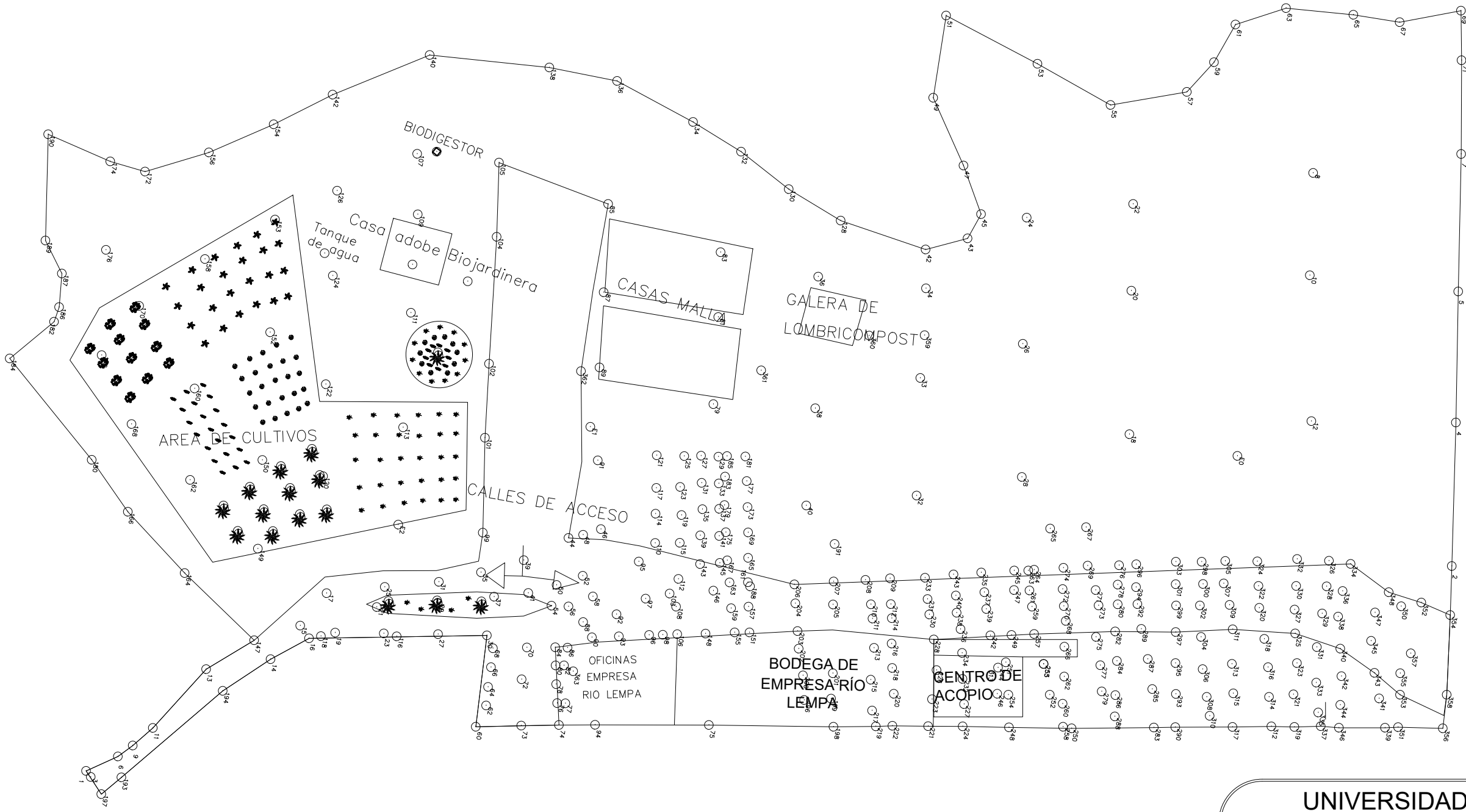
CONTENIDO: PLANTA DE PUNTOS Y CURVAS DE NIVEL

| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA: | HOJA: |
|-------------|----------|----------|----------|---------|-------|
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | 1/800   | 3/13  |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CARNÉ: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



UBICACIÓN DE INSTALACIONES

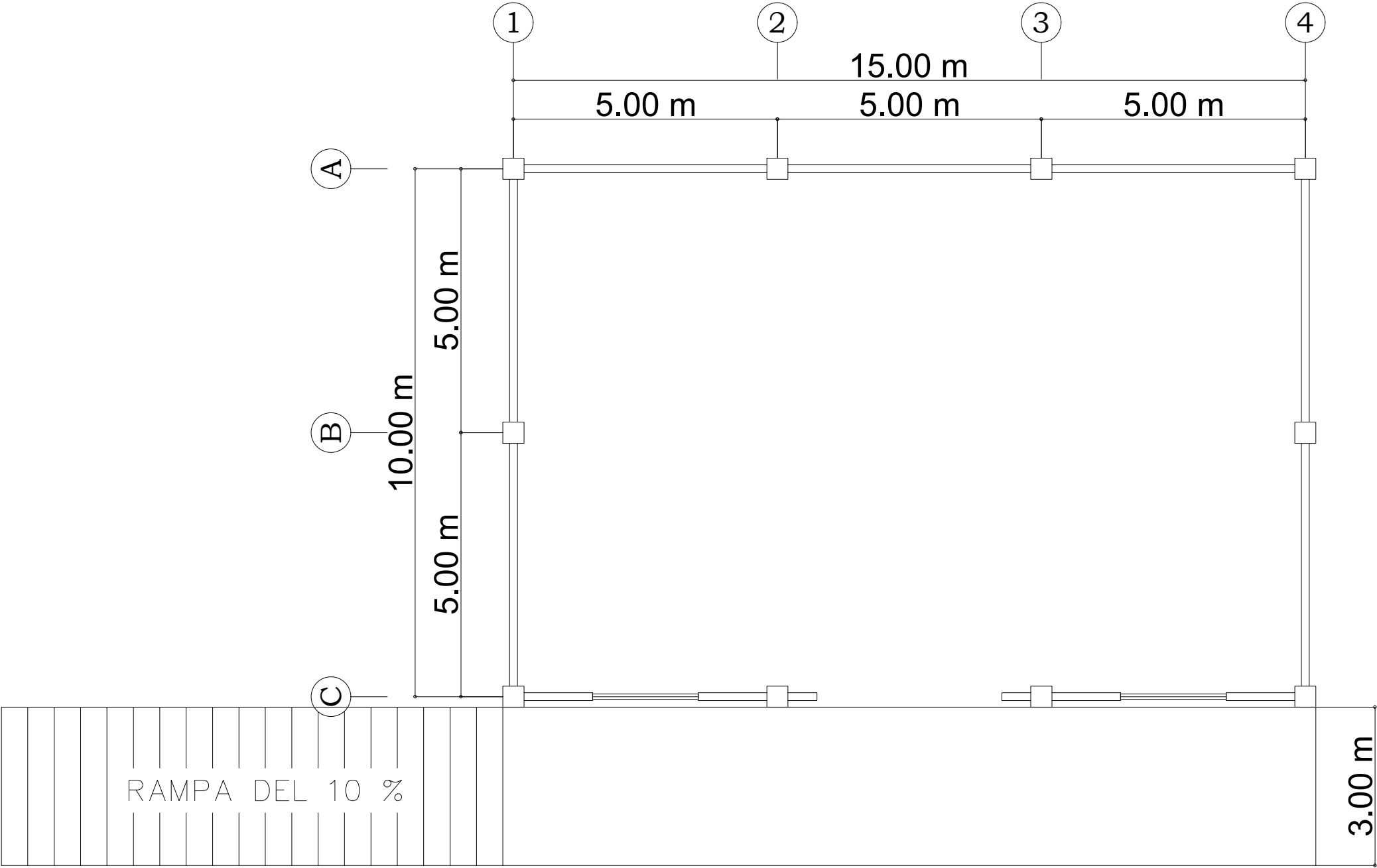
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICA, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: UBICACIÓN DE INSTALACIONES

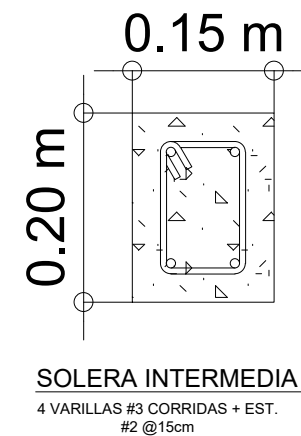
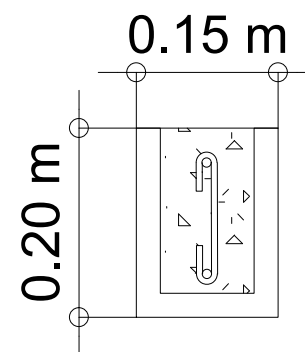
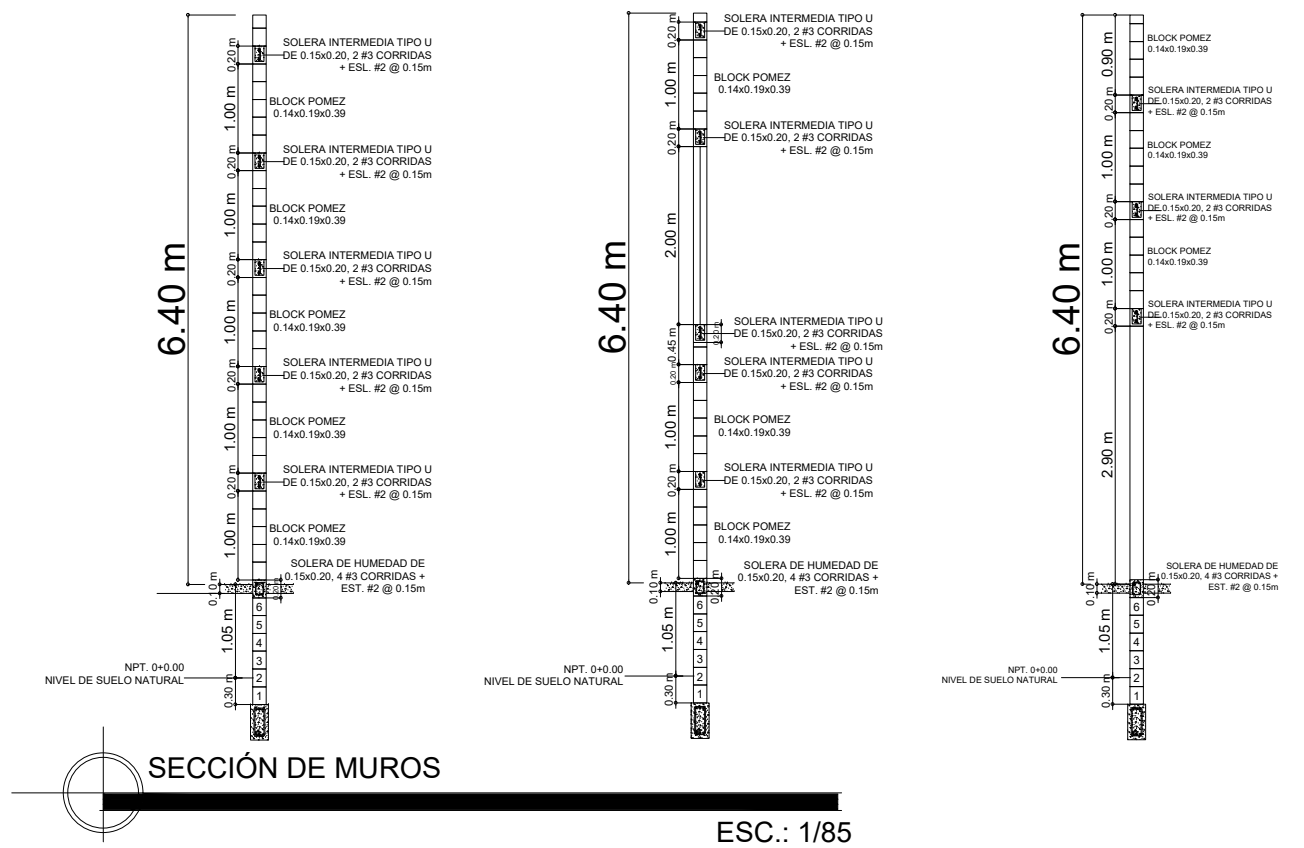
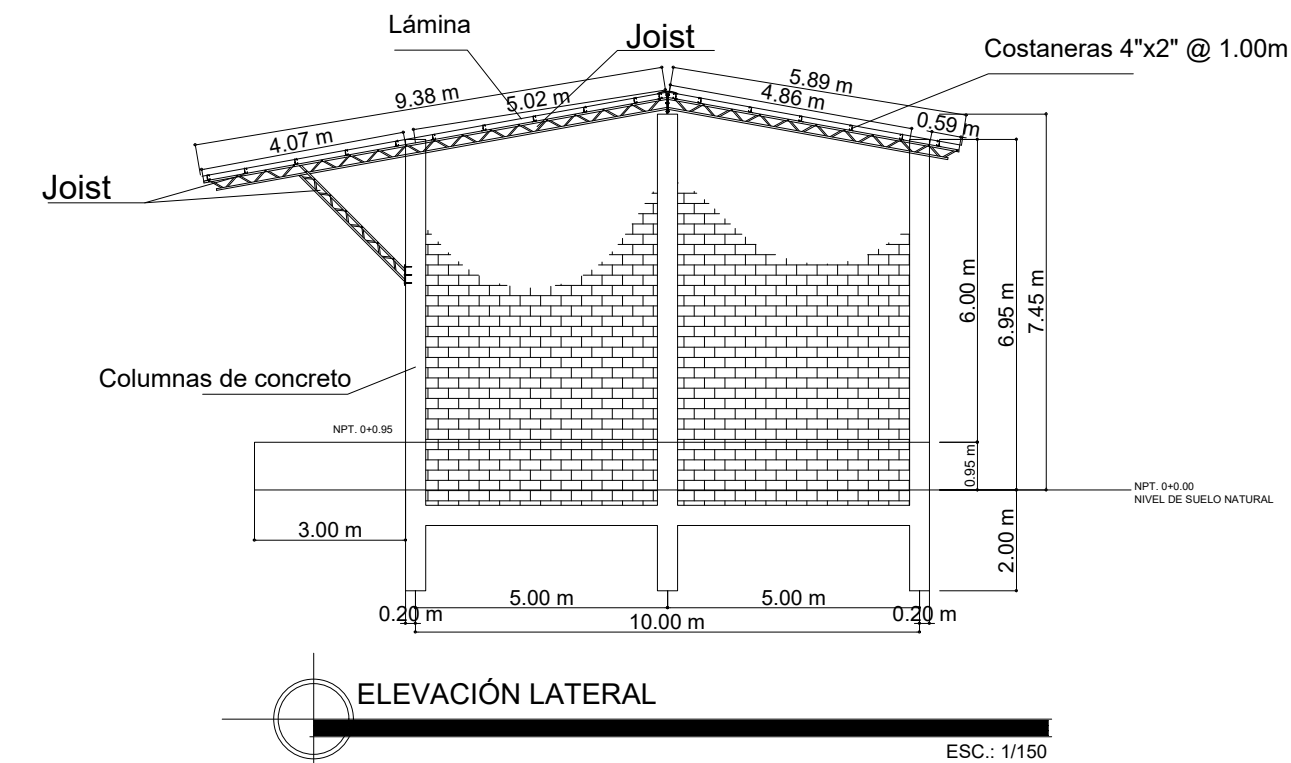
|                                       |          |          |          |                        |       |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|------------------------|-------|
| TOPOGRAFIA:                           | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA:                | HOJA: |
| E.F.P.R.                              | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | 1/800                  | 4     |
| ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          |          |          | FECHA: SEPTIEMBRE 2020 | 13    |
| CARNÉ: 201346077                      |          |          |          |                        |       |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

|                                                                                                                                       |          |          |                  |         |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|---------|-------|
| PROYECTO: CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR |          |          |                  |         |       |
| DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA                                                                       |          |          |                  |         |       |
| CONTENIDO: PLANTA ACOTADA                                                                                                             |          |          |                  |         |       |
| TOPOGRAFIA:                                                                                                                           | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO:         | ESCALA: | HOJA: |
| E.F.P.R.                                                                                                                              | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R.         | 1/95    | 5/13  |
| ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA                                                                                                 |          |          | CARNÉ: 201346077 |         |       |

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



SOLERA INTERMEDIA TIPO U

---

2 VARILLAS #3 CORRIDAS + ESL. ESC.: 1/8  
#2 @15cm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

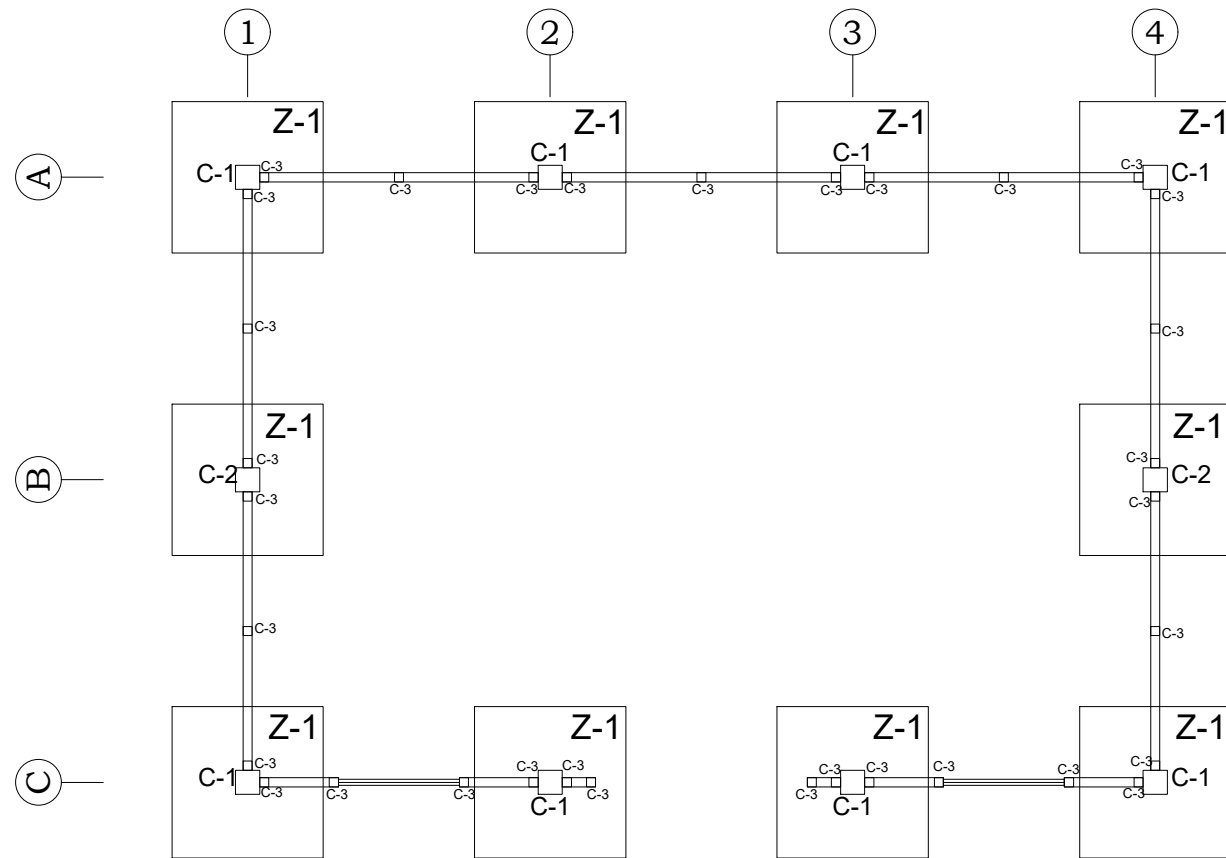
|           |                                                                                                                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PROYECTO: | CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

|            |                               |
|------------|-------------------------------|
| CONTENIDO: | ELEVACIONES Y SECCIÓN DE MURO |
|------------|-------------------------------|

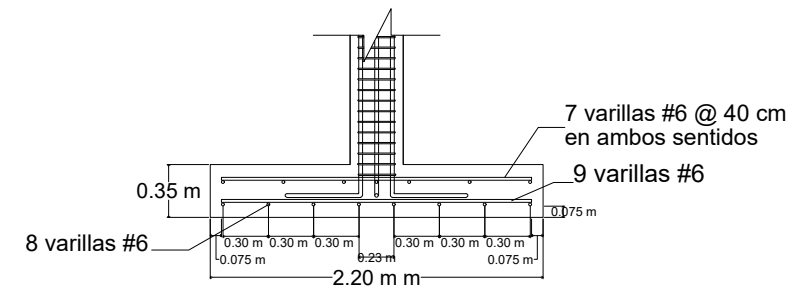
|                           |          |          |           |          |       |
|---------------------------|----------|----------|-----------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA:               | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO:  | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.                  | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R.  | INDICADA | 6/13  |
| ESTUDIANTE:               |          |          | CARNÉ:    |          |       |
| EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          |          | 201346077 |          |       |

Vo. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



PLANTA ZAPATAS Y COLUMNAS

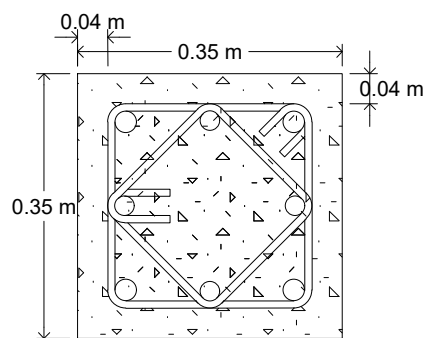
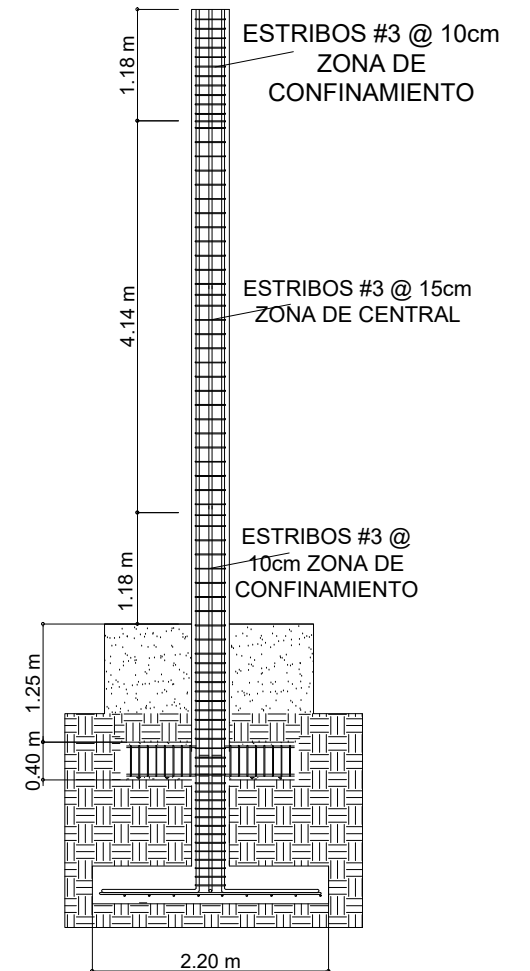
ESC.: 1/125



Refuerzo de varillas  
cama superior: 7 varillas #6 @40cm, ambos sentidos  
cama inferior: 9 varillas #6 @28cm en X y 8 varillas #6 @30cm en Y

DETALLE DE ZAPATAS

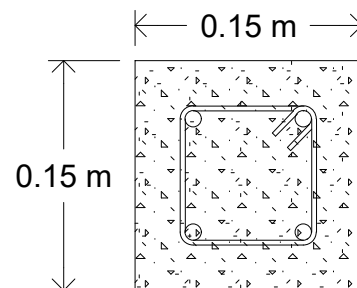
ESC.: 1/50



COLUMNA C-1-C2

4 #9 + 4 #8 + ESTRIBOS #3 @ 15cm  
EN ZONA NO CONFINADA Y @  
10cm EN CONFINAMIENTOS

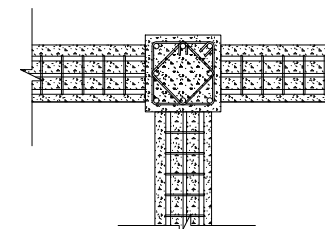
ESC.: 1/10



COLUMNA C-3

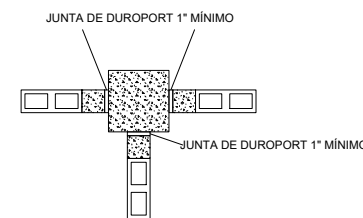
4 #3 + EST. #2 @ 15cm

ESC.: 1/5



PLANTA UNION VIGA CON COLUMNA

ESC.: 1/40



PLANTA UNION MURO A COLUMNA

ESC.: 1/50

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN  
LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL, CANDELARIA DE  
LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: DETALLES DE COLUMNAS Y ZAPATAS

|             |          |          |          |          |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | INDICADA | 7/13  |

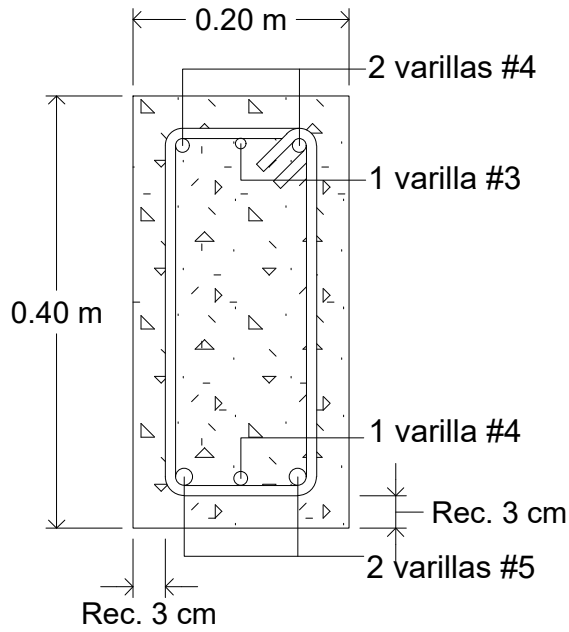
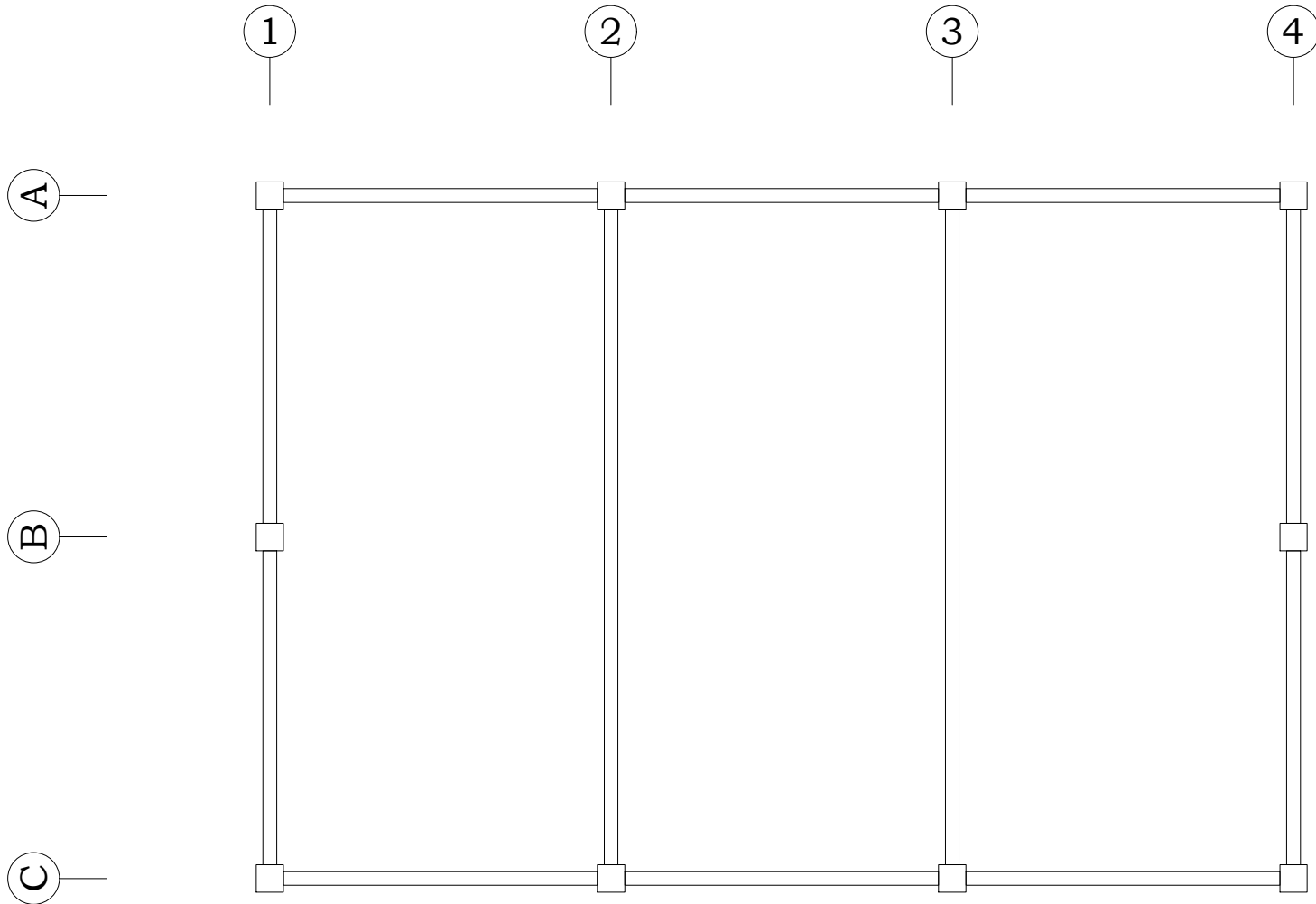
ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CARNE: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS

PLANTA DE VIGAS

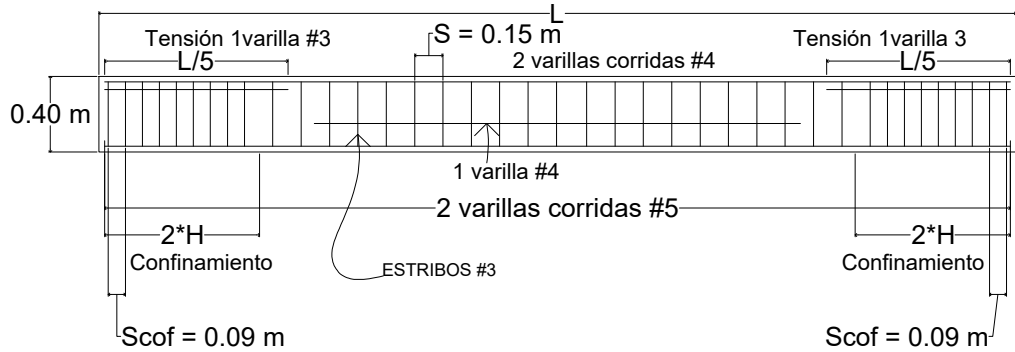
ESC.: 1/100



VIGA

ESTRIBOS #3 @ 9cm EN ZONA DE CONFINAMIENTO (0.80m) Y @15cm EN ZONA NO CONFINADA

ESC.: 1/100



DETALLE ARMADO DE VIGA

ESTRIBOS #3 @ 9cm EN ZONA DE CONFINAMIENTO (0.80m) Y @15cm EN ZONA NO CONFINADA

ESC.: 1/100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: DETALLES DE ARMADO DE VIGAS

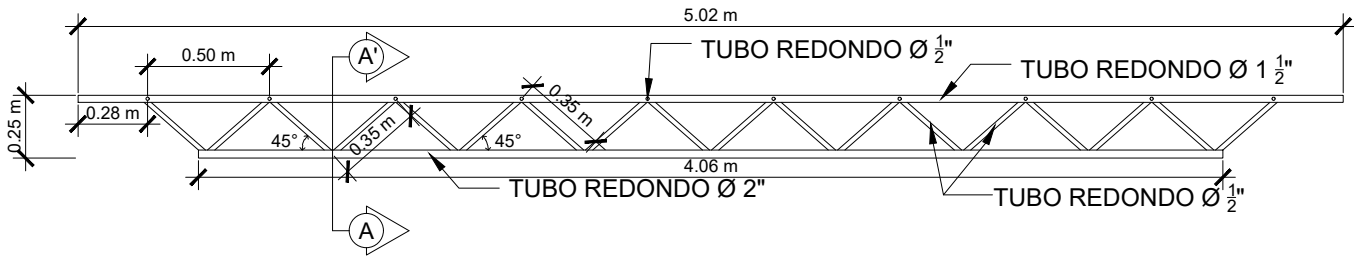
|             |          |          |          |          |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | INDICADA | 8/13  |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

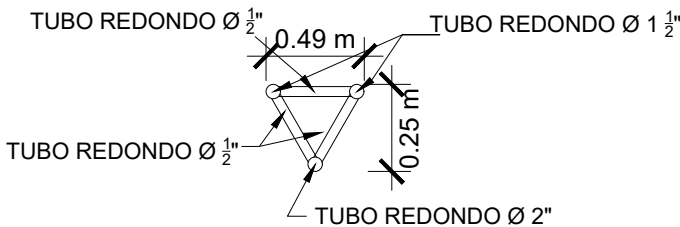
CARNÉ: 201346077

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS

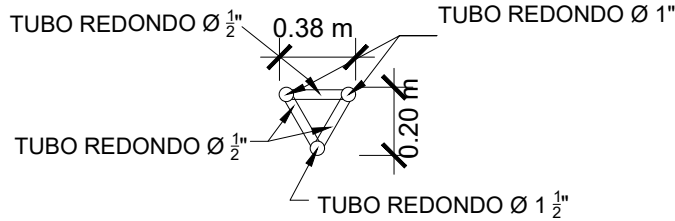
DETALLES DE ARMADO DE VIGAS



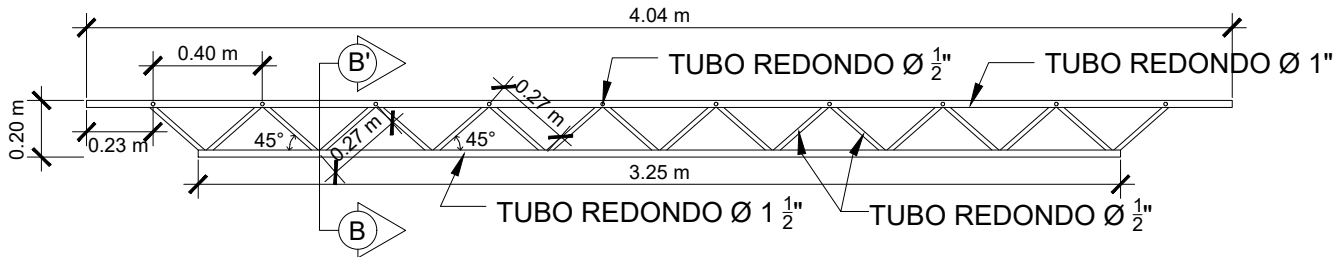
VIGA JOIST 1  
CORDÓN SUPERIOR DE TUBO REDONDO  $\varnothing 1\frac{1}{2}$ ", CORDÓN INFERIOR DE TUBO REDONDO  $\varnothing 2$ ", DIAGONALES DE TUBO REDONDO  $\varnothing \frac{1}{2}$ " Y CORDÓN HORIZONTAL DE TUBO REDONDO  $\varnothing \frac{1}{2}$ "  
ESC.: 1/30



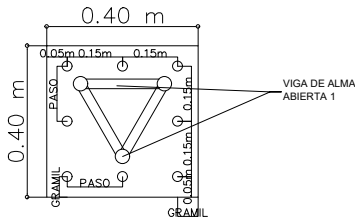
CORTE TRANSVERSAL A-A'  
ESC.: 1/20



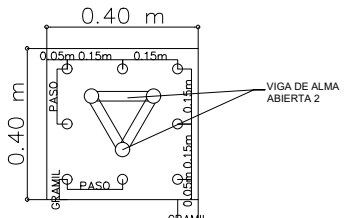
CORTE TRANSVERSAL B-B'  
ESC.: 1/20



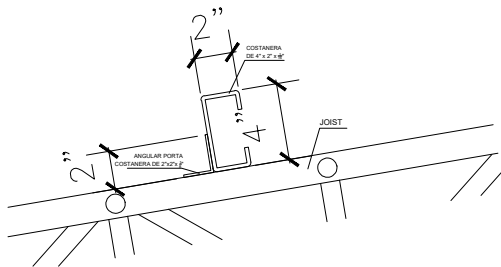
VIGA JOIST 2  
CORDÓN SUPERIOR DE TUBO REDONDO  $\varnothing 1$ ", CORDÓN INFERIOR DE TUBO REDONDO  $\varnothing 1\frac{1}{2}$ ", DIAGONALES DE VTUBO REDONDO  $\varnothing \frac{1}{2}$ " Y CORDÓN HORIZONTAL DE TUBO REDONDO  $\varnothing \frac{1}{2}$ "  
ESC.: 1/40



DETALLE DE PLACA PARA VIGA DE ALMA ABIERTA 1 Y 2  
ESC.: 1/20



DETALLE DE PLACA PARA VIGA DE ALMA ABIERTA UNIDA A COLUMNA  
ESC.: 1/20



ANCLAJE DE COSTANERA EN VIGA JOIST  
SOLDADURA TIPO CORDÓN CORRIDO, SE EMPLEARÁN ELECTRODOS DE ALTA PENETRACIÓN QUE SATISFAGA LOS REQUISITOS DE LA ESPECIFICACIÓN ASTM A233 CLASE E-70  
ESC.: 1/20

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

|                                                                                                                                       |          |          |                  |          |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------|----------|-------|
| PROYECTO: CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR |          |          |                  |          |       |
| DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA                                                                       |          |          |                  |          |       |
| CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES                                                                                                     |          |          |                  |          |       |
| TOPOGRAFIA:                                                                                                                           | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO:         | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.                                                                                                                              | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R.         | INDICADA | 9/13  |
| ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA                                                                                                 |          |          | CARNÉ: 201346077 |          |       |

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS

# SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

| Simbolo | Definiciones                                                                                                                                                   |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | LINEA NEUTRA No. 14. FORRADO                                                                                                                                   |
|         | LINEA VIVA No. 14. FORRADO                                                                                                                                     |
|         | LINEA RETORNO DEL CIRCUITO No. 12. FORRADO                                                                                                                     |
|         | PUENTE PARA THREE WAY No. 12. FORRADO                                                                                                                          |
|         | TABLERO 1 : TABLERO 12<br>ESPACIOS MONOFÁSICO<br>120/240V, ALIMENTACIÓN CON 2<br>CABLES THHN #2 + 1 CABLE THHN<br>#6 EN TUBERÍA DE 1 1/2"<br>H= 1.80M S.N.P.T. |
|         | INTERRUPTOR DOBLE H= 1.20M<br>S.N.P.T.                                                                                                                         |
|         | INTERRUPTOR SIMPLE H= 1.20M<br>S.N.P.T.                                                                                                                        |
|         | CIRCUITO 1                                                                                                                                                     |
|         | CIRCUITO 2                                                                                                                                                     |
|         | LUMINARIA DE 2x18w LED 120v<br>CON PROTECCIÓN CONTRA<br>EXPLOSIONES                                                                                            |
|         | DUCTO ELECTRICO DE 3/4" TECHO Y<br>PARED H=0.40M                                                                                                               |

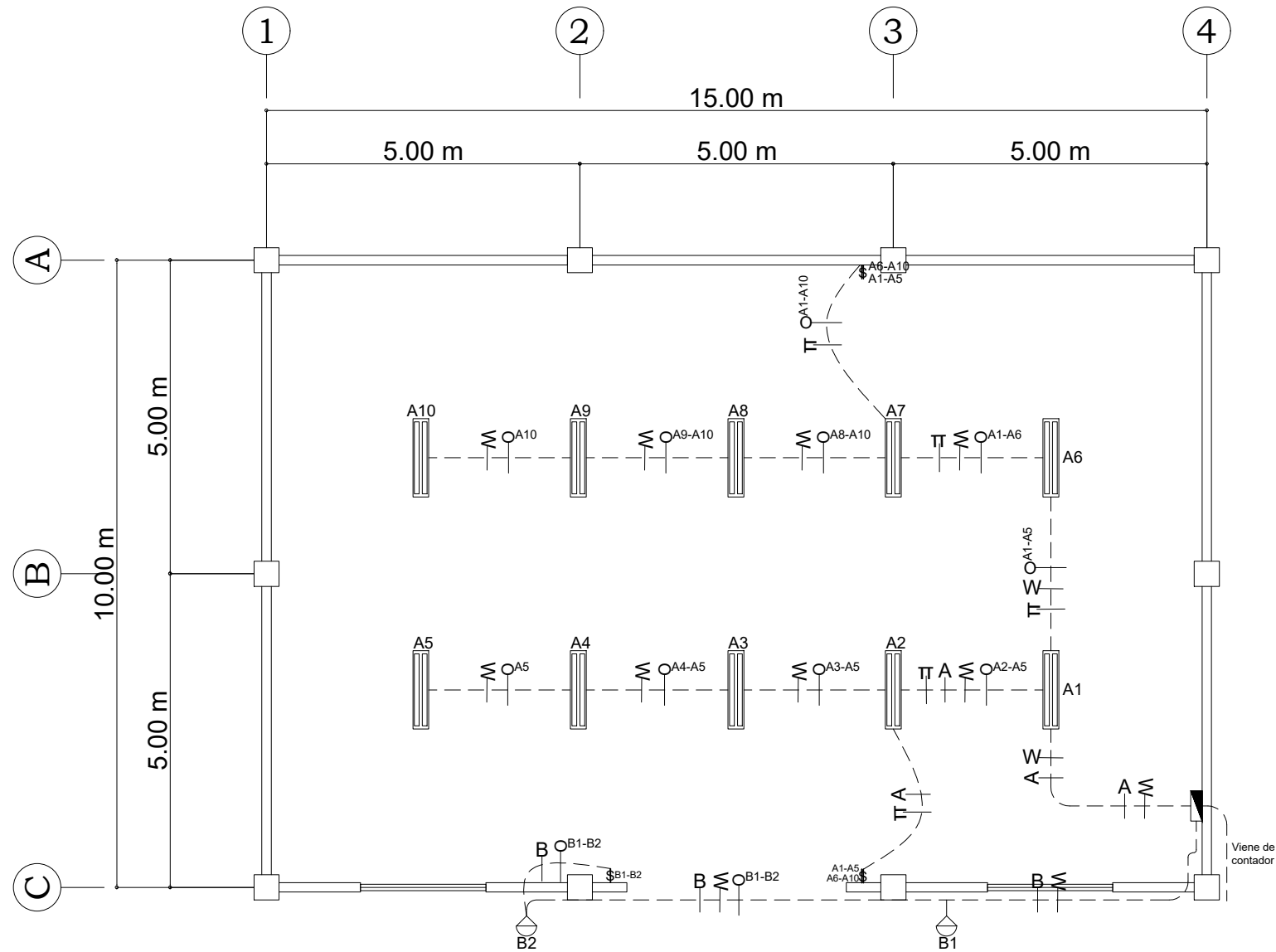
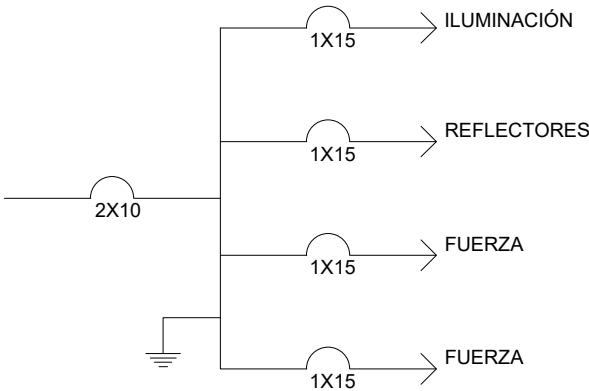


DIAGRAMA UNIFILAR



## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

|                           |          |                                                                                                                             |          |          |
|---------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| PROYECTO:                 |          | CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR |          |          |
| DIRECCIÓN:                |          | CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA                                                                        |          |          |
| CONTENIDO:                |          | PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN                                                                                    |          |          |
| TOPOGRAFIA:               | DISEÑO:  | DIBUJO:                                                                                                                     | CALCULO: | ESCALA:  |
| E.F.P.R.                  | E.F.P.R. | E.F.P.R.                                                                                                                    | E.F.P.R. | INDICADA |
| ESTUDIANTE:               |          | CARNÉ:                                                                                                                      |          |          |
| EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          | 201346077                                                                                                                   |          |          |

## PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN

ESC.: 1/100

Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS

SIMBOLOGÍA DE FUERZA

| Simbolo | Definiciones                                                                                                                                    |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | LINEA NEUTRA No. 1 2. FORRADO                                                                                                                   |
|         | LINEA VIVA No. 1 2. FORRADO                                                                                                                     |
|         | TABLERO 1: TABLERO 1 2 ESPACIOS MONOFÁSICO 1 20/240V, ALIMENTACIÓN CON 2 CABLES THHN #2 + 1 CABLE THHN #6 EN TUBERÍA DE 1 1/2" H=1.80M S.N.P.T. |
|         | TOMACORRIENTE DOBLE 240 V H=0.30M S.N.P.T.                                                                                                      |
|         | TOMACORRIENTE DOBLE 1 20 V H=0.30M S.N.P.T.                                                                                                     |
|         | CIRCUITO 3                                                                                                                                      |
|         | CIRCUITO 4                                                                                                                                      |
|         | DUCTO ELECTRICO DE 3/4" EN PISO                                                                                                                 |
|         | DUCTO ELECTRICO CONTRA EXPLOCIONES DE 3/4" EN PISO                                                                                              |

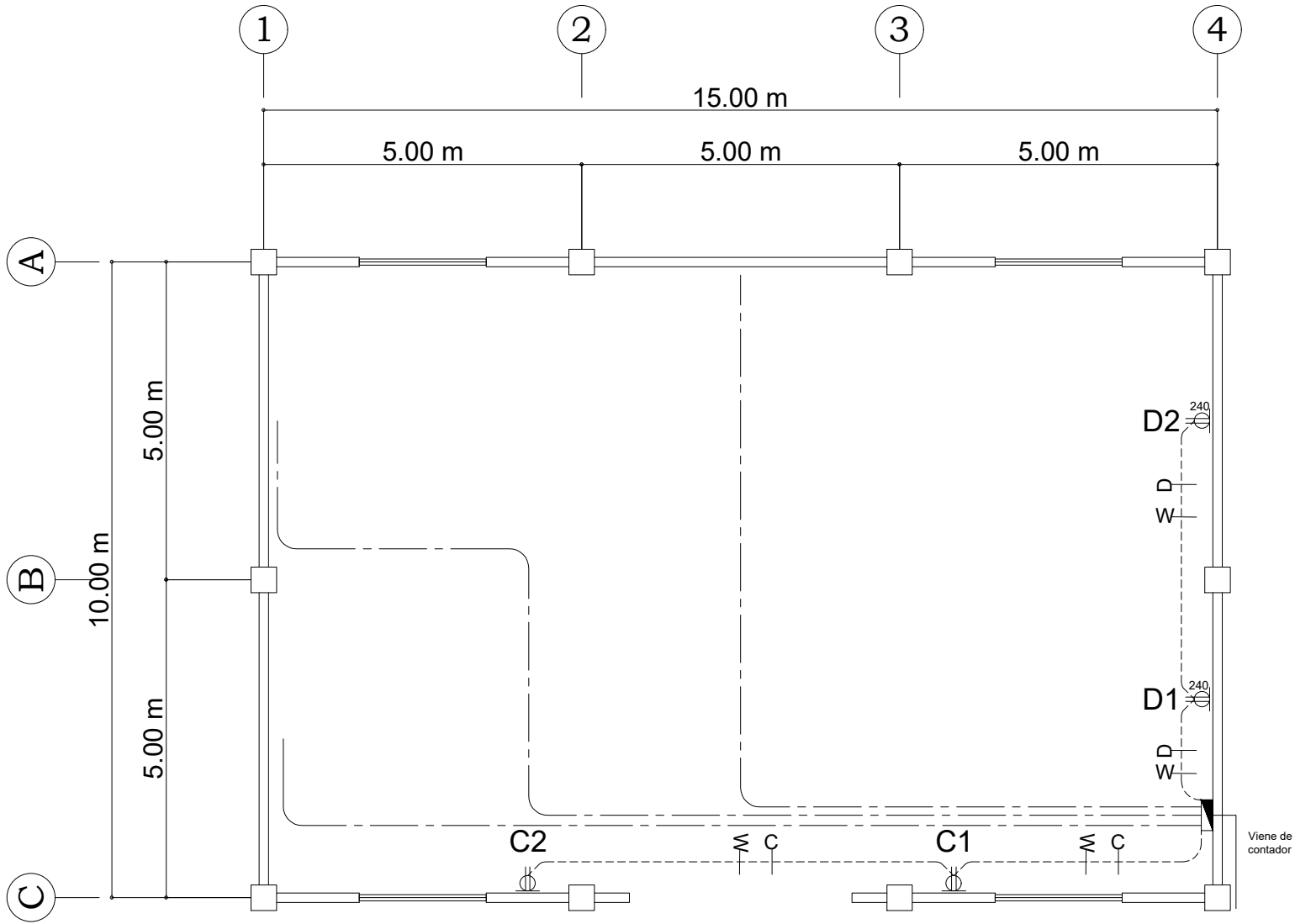
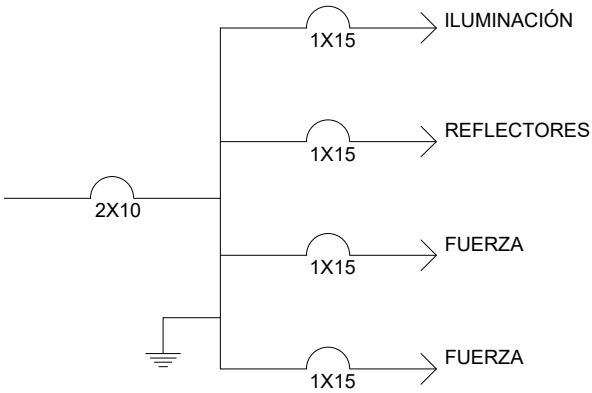


DIAGRAMA UNIFILAR



PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA

ESC.: 1/100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

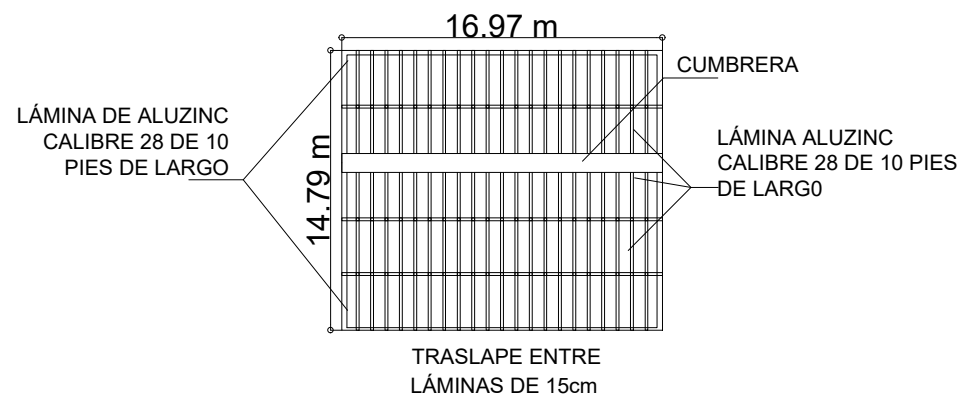
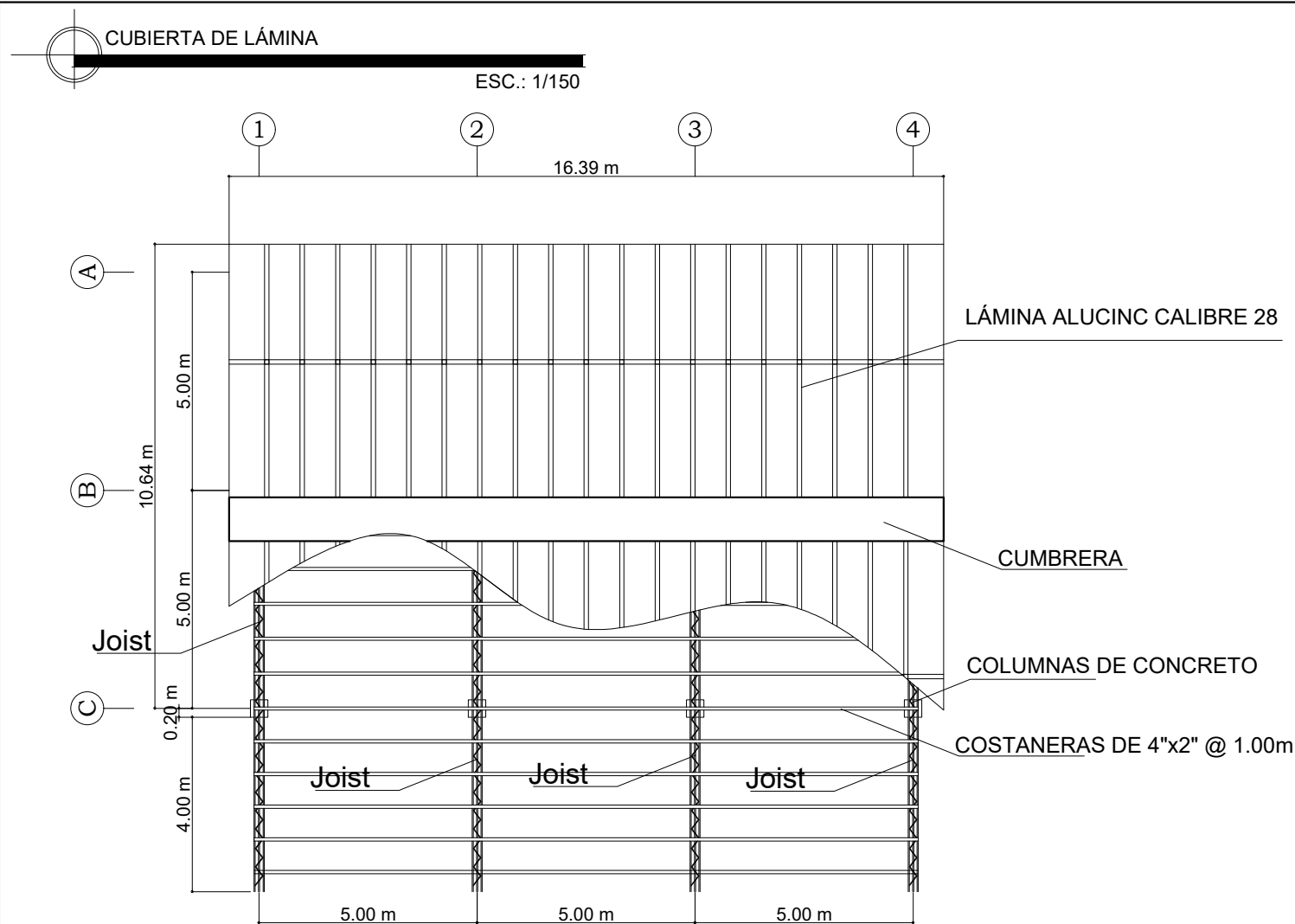
CONTENIDO: PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA

|             |          |          |          |          |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA: | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO: | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.    | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R. | INDICADA | 11/13 |

ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CARNÉ: 201346077

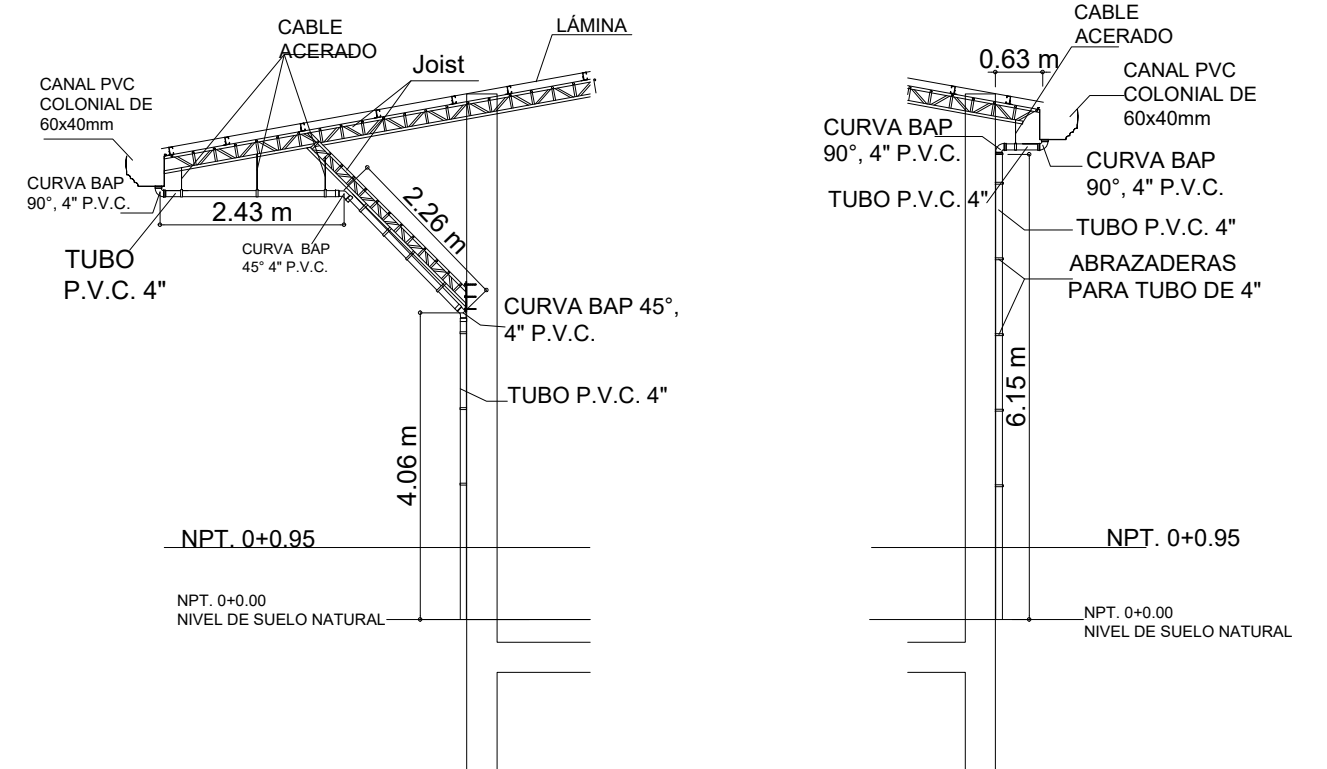
Va. Bo. ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS



CUBIERTA DE LÁMINA  
LÁMINA ALUCINC DE 9 Y 12 PIES DE LARGO CON TRASLAPE DE 10 CM ENTRE LÁMINAS + CUMBRERA (CAPOTE) DE ALUCINC  
ESC.: 1/400

## DETALLES DE CUBIERTA Y BAJADAS DE AGUA

ESC.: 1/100



### DETALLE DE DE BAJADAS DE AGUA PLUVIAL

TUBERÍA BAP DE 4 PULGADAS DE DIÁMETRO CON ACCESORIOS COMO CURVAS BAP 90° 4PULG, ABRAZADERAS DE METAL PARA TUBO DE 4PULG Y CABLE ACERADO DE 1/8PULG PARA SUJETAR EN VIGA DE ALMA ABIERTA

ESC.: 1/100

## UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN: CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO: DETALLES DE CUBIERTA Y BAJADAS DE AGUA

|                                       |          |          |                  |          |       |
|---------------------------------------|----------|----------|------------------|----------|-------|
| TOPOGRAFIA:                           | DISEÑO:  | DIBUJO:  | CALCULO:         | ESCALA:  | HOJA: |
| E.F.P.R.                              | E.F.P.R. | E.F.P.R. | E.F.P.R.         | INDICADA | 12/13 |
| ESTUDIANTE: EMMY FERNANDA PINEDA ROCA |          |          | CARNÉ: 201346077 |          |       |

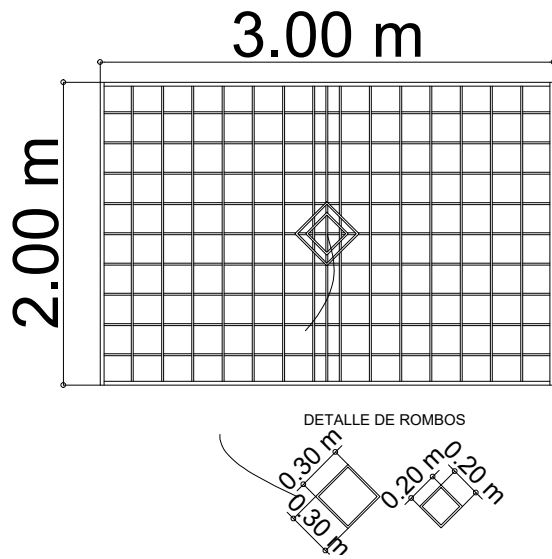
Va. Bo.  
ING. JORGE MAURICIO LÓPEZ VANEGAS

| SIMBOLOGÍA DE ACABADOS |                                                |
|------------------------|------------------------------------------------|
| Símbolo                | Descripción                                    |
|                        | ACABADO EN PARED; BLOCK VISTO                  |
|                        | ACABADO EN PISO: TALLADO Y ALISADO             |
|                        | ACABADO EN PISO: CONCRETO RÚSTICO SIN TALLADAR |

| SIMBOLOGÍA DE PUERTAS Y BALCONES |                                                            |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Símbolo                          | Descripción                                                |
|                                  | BALCÓN DE 3.00m DE ANCHO x 2.00m ALTO                      |
|                                  | CORTINA METÁLICA ENROLLABLE 3.50m DE ANCHO x 3.00m DE ALTO |

| PLANILLA DE BALCONES |        |        |        |        |          |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Tipo                 | SILLAR | DINTEL | ANCHO  | ALTURA | UNIDADES |
| B                    | 3.00 m | 5.00 m | 3.00 m | 2.00 m | 2        |

| PLANILLA DE PUERTAS |        |        |          |
|---------------------|--------|--------|----------|
| Tipo                | ANCHO  | ALTURA | UNIDADES |
| CORTINA METÁLICA    | 3.50 m | 3.00 m | 1        |



BALCÓN B

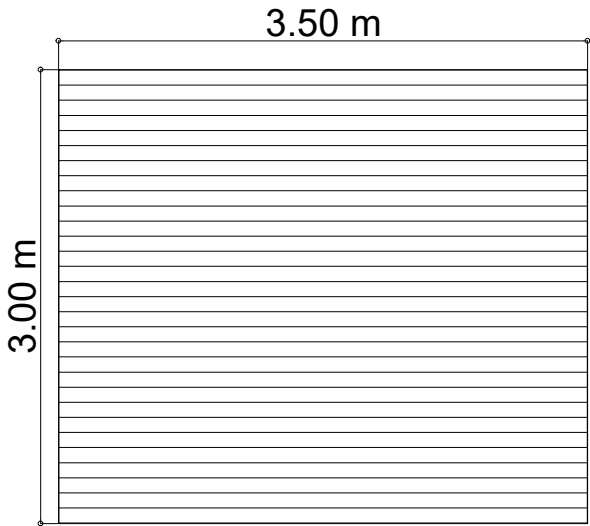
ESC.: 1/50

BALCÓN METÁLICO:

\*MARCO DE 2.00m x 3.00m: DE TUBO CUADRADO DE 1PULG X 1PULG CHAPA 18

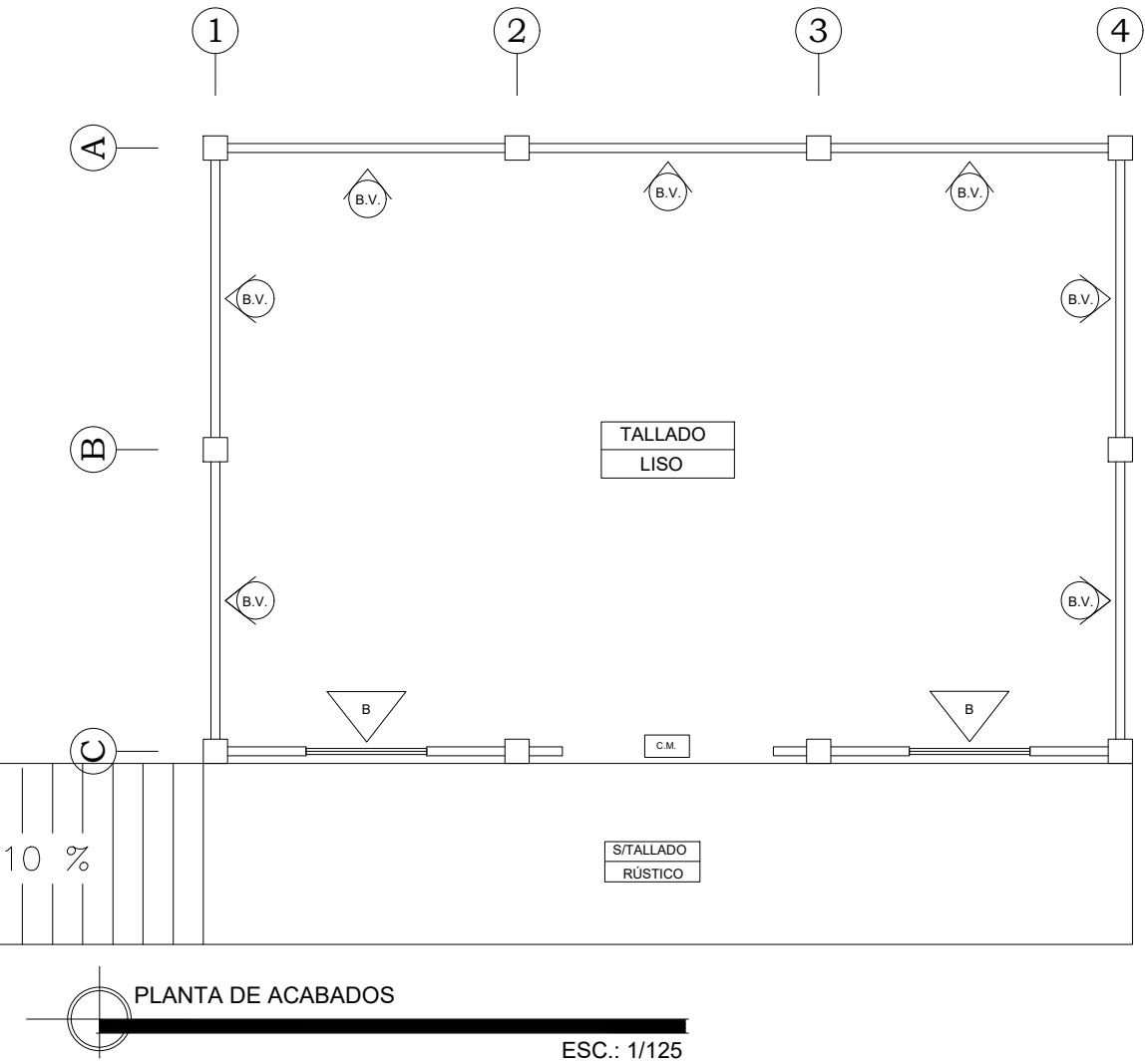
\*REFUERZO VERTICAL Y HORIZONTAL: VARILLA DE ACERO LISO DE 3/8PULG

\*ROMBO: PLANA DE 1/2PULG x 1/8PULG



CORTINA ENROLLABLE

ESC.: 1/50



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO:

CENTRO DE ACOPIO DE LA EMPRESA RÍO LEMPA EN LA FINCA ESCUELA TRINACIONAL, CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA, EL SALVADOR

DIRECCIÓN:

CARRETERA HACIA SANTA ANA, CANDELARIA DE LA FRONTERA

CONTENIDO:

PLANTA DE ACABADOS

TOPOGRAFIA:

E.F.P.R.

DISEÑO:

E.F.P.R.

DIBUJO:

E.F.P.R.

CALCULO:

E.F.P.R.

ESCALA: INDICADA

FECHA: SEPTIEMBRE 2020

HOJA: 13

ESTUDIANTE:

EMMY FERNANDA PINEDA ROCA

CARNÉ:

201346077



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

No. 13368

INFORME No.: 187 S.S.

O.T.: 38,547

INTERESADO: Emmy Fernanda Pineda Roca

PROYECTO: EPS "Diseño estructural del centro de capacitación y centro de acopio de la empresa Río Lempa en la Finca Escuela Trinacional de Producción Agroecológica, en Candelaria de la Frontera, Santa Ana, El Salvador"

UBICACIÓN: Candelaria de la Frontera, Santa Ana, El Salvador

FECHA: jueves, 24 de mayo de 2018

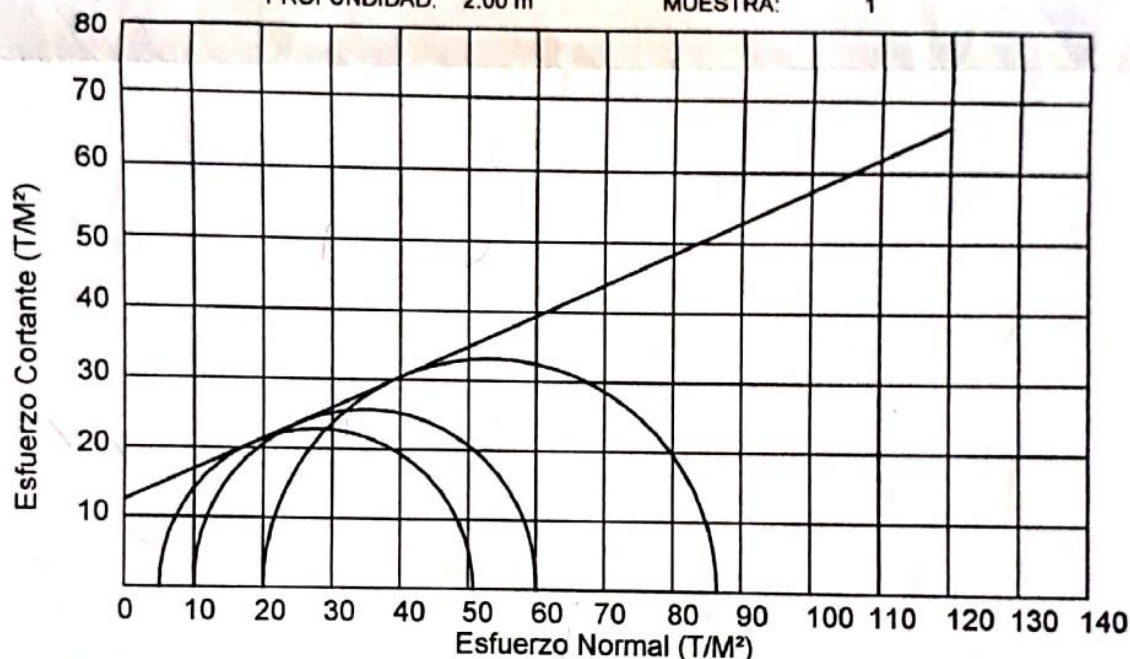
POZO:

1

PROFUNDIDAD: 2.00 m

MUESTRA:

1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 24.17^\circ$

COHESIÓN:  $C_u = 12.55 \text{ Ton/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Limo color café con presencia de arena fina

DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

| PROBETA No.                                  | 1     | 2     | 3     |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|
| PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )          | 5     | 10    | 20    |
| DESVIADOR EN ROTURA $q$ (T/m <sup>2</sup> )  | 45.70 | 49.98 | 66.50 |
| PRESION INTERSTICIAL $u$ (T/m <sup>2</sup> ) | x     | x     | x     |
| DEFORMACION EN ROTURA $E_r$ (%)              | 1.0   | 1.5   | 3.0   |
| DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )            | 1.19  | 1.19  | 1.19  |
| DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )          | 1.47  | 1.47  | 1.47  |
| HUMEDAD (%H)                                 | 23.34 | 23.34 | 23.34 |

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez

Vo. Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
DIRECTOR CII/USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA



CENTRO DE INVESTIGACIONES  
DE INGENIERIA



SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC -  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

## LIBRETA TOPOGRÁFICA

| COORDENADAS |          |          |         |
|-------------|----------|----------|---------|
| No.         | X        | Y        | Z       |
| 1           | 802.852  | 936.683  | 106.19  |
| 2           | 1037.97  | 982.537  | 98.773  |
| 3           | 803.717  | 935.674  | 106.103 |
| 4           | 1037.583 | 1007.409 | 98.725  |
| 5           | 1037.016 | 1030.145 | 98.645  |
| 6           | 808.255  | 939.439  | 105.576 |
| 7           | 1036.463 | 1053.997 | 98.713  |
| 8           | 1010.962 | 1049.58  | 99.128  |
| 9           | 810.75   | 941.44   | 105.209 |
| 10          | 1011.189 | 1031.817 | 99.365  |
| 11          | 814.124  | 944.626  | 104.95  |
| 12          | 1012.562 | 1006.554 | 99.399  |
| 13          | 822.907  | 955.223  | 104.797 |
| 14          | 833.997  | 957.425  | 104.18  |
| 15          | 838.864  | 963.464  | 103.918 |
| 16          | 840.493  | 961.33   | 104.186 |
| 17          | 843.214  | 969.285  | 103.887 |
| 18          | 981.125  | 1002.916 | 100.217 |
| 19          | 844.99   | 962.541  | 103.845 |
| 20          | 980.375  | 1027.791 | 100.203 |
| 21          | 851.999  | 967.263  | 103.533 |
| 22          | 980.019  | 1042.832 | 100.067 |
| 23          | 853.403  | 962.748  | 103.532 |
| 24          | 961.671  | 1039.657 | 100.767 |
| 25          | 853.245  | 970.827  | 103.443 |
| 26          | 961.949  | 1017.791 | 100.603 |
| 27          | 862.832  | 963.036  | 103.312 |
| 28          | 962.788  | 994.681  | 100.438 |
| 29          | 862.537  | 968.485  | 103.213 |
| 30          | 871.289  | 963.218  | 103.011 |
| 31          | 862.569  | 972.115  | 103.165 |
| 32          | 944.694  | 990.685  | 101.057 |
| 33          | 944.448  | 1011.092 | 100.979 |
| 34          | 944.757  | 1026.656 | 101.04  |
| 35          | 869.802  | 974.069  | 102.918 |
| 36          | 925.992  | 1027.864 | 101.167 |
| 37          | 872.245  | 969.955  | 102.941 |
| 38          | 926.493  | 1005.046 | 101.75  |
| 39          | 877.133  | 976.521  | 102.685 |
| 40          | 925.669  | 988.138  | 101.457 |
| 41          | 878.164  | 970.859  | 102.768 |
| 42          | 944.395  | 1033.396 | 101.062 |
| 43          | 951.573  | 1035.632 | 101.142 |
| 44          | 884.699  | 980.707  | 102.441 |
| 45          | 953.738  | 1039.938 | 101.086 |

| COORDENADAS |          |          |         |
|-------------|----------|----------|---------|
| No.         | X        | Y        | Z       |
| 46          | 890.258  | 982.465  | 102.242 |
| 47          | 950.337  | 1048.214 | 100.699 |
| 48          | 887.205  | 981.365  | 102.434 |
| 49          | 944.564  | 1059.72  | 100.308 |
| 50          | 882.977  | 972.471  | 102.574 |
| 51          | 946.165  | 1074.058 | 99.628  |
| 52          | 887.45   | 974.263  | 102.412 |
| 53          | 962.37   | 1066.388 | 99.761  |
| 54          | 882.254  | 968.85   | 102.592 |
| 55          | 975.354  | 1059.821 | 99.499  |
| 56          | 885.225  | 968.822  | 102.404 |
| 57          | 988.459  | 1062.657 | 99.403  |
| 58          | 889.39   | 970.73   | 102.367 |
| 59          | 992.945  | 1068.007 | 99.208  |
| 60          | 870.067  | 947.294  | 103.111 |
| 61          | 996.398  | 1074.695 | 98.969  |
| 62          | 871.696  | 951.057  | 102.89  |
| 63          | 1005.019 | 1077.917 | 98.904  |
| 64          | 871.89   | 954.265  | 102.904 |
| 65          | 1016.745 | 1077.294 | 98.619  |
| 66          | 872.238  | 957.729  | 102.848 |
| 67          | 1024.808 | 1076.356 | 98.305  |
| 68          | 872.46   | 961.021  | 102.783 |
| 69          | 1035.343 | 1078.804 | 98.25   |
| 70          | 878.322  | 961.392  | 102.543 |
| 71          | 1035.841 | 1070.239 | 98.638  |
| 72          | 877.643  | 955.849  | 102.66  |
| 73          | 877.933  | 947.816  | 102.85  |
| 74          | 884.461  | 948.224  | 102.715 |
| 75          | 910.455  | 949.353  | 101.789 |
| 76          | 883.983  | 952.006  | 102.586 |
| 77          | 885.4    | 952.04   | 102.544 |
| 78          | 883.677  | 955.277  | 102.545 |
| 79          | 908.785  | 1004.974 | 101.803 |
| 80          | 883.437  | 958.51   | 102.559 |
| 81          | 908.99   | 1020.11  | 101.772 |
| 82          | 884.882  | 958.592  | 102.543 |
| 83          | 908.883  | 1031.368 | 101.511 |
| 84          | 883.216  | 961.644  | 102.5   |
| 85          | 889.036  | 1038.85  | 101.794 |
| 86          | 885.351  | 961.683  | 102.475 |
| 87          | 888.945  | 1023.539 | 102.211 |
| 88          | 887.889  | 966.247  | 102.394 |
| 89          | 888.8    | 1010.47  | 102.373 |
| 90          | 889.504  | 963.67   | 102.172 |

| COORDENADAS |         |          |         |
|-------------|---------|----------|---------|
| No.         | X       | Y        | Z       |
| 91          | 889.181 | 994.356  | 102.499 |
| 92          | 893.596 | 967.823  | 102.134 |
| 93          | 894.186 | 964.035  | 102.078 |
| 94          | 890.726 | 948.525  | 102.4   |
| 95          | 897.055 | 977.129  | 102.141 |
| 96          | 899.426 | 964.494  | 102.113 |
| 97          | 898.536 | 970.775  | 102.048 |
| 98          | 901.769 | 964.622  | 102.061 |
| 99          | 869.81  | 980.953  | 103.069 |
| E0          | 1000    | 1000     | 100     |
| E1          | 887.664 | 1000.104 | 102.518 |
| E2          | 855.091 | 981.71   | 103.559 |
| 100         | 901.727 | 965.126  | 101.874 |
| 101         | 869.474 | 997.417  | 103.045 |
| 102         | 869.601 | 1010.285 | 102.833 |
| 103         | 902.662 | 971.812  | 101.968 |
| 104         | 869.976 | 1032.343 | 102.537 |
| 105         | 869.822 | 1045.193 | 102.321 |
| 106         | 904.271 | 964.86   | 101.817 |
| 107         | 855.574 | 1046.098 | 102.674 |
| 108         | 903.869 | 969.602  | 101.907 |
| 109         | 856.132 | 1035.608 | 103.006 |
| 110         | 899.749 | 980.487  | 102.097 |
| 111         | 855.699 | 1018.503 | 103.162 |
| 112         | 904.05  | 974.43   | 101.973 |
| 113         | 855.195 | 998.605  | 103.435 |
| 114         | 899.621 | 985.55   | 102.26  |
| 115         | 904.025 | 980.705  | 102.146 |
| 116         | 855.678 | 962.356  | 103.414 |
| 117         | 899.551 | 990.029  | 102.298 |
| 118         | 842.542 | 961.825  | 103.987 |
| 119         | 904.115 | 985.534  | 102.047 |
| 120         | 841.688 | 989.537  | 103.992 |
| 121         | 899.361 | 995.695  | 102.231 |
| 122         | 841.484 | 1005.501 | 103.752 |
| 123         | 903.662 | 990.379  | 102.135 |
| 124         | 841.88  | 1024.37  | 103.548 |
| 125         | 904.133 | 995.741  | 102.159 |
| 126         | 841.964 | 1039.105 | 103.317 |
| 127         | 907.036 | 995.962  | 102.027 |
| 128         | 929.459 | 1037.748 | 100.87  |
| 129         | 910.053 | 995.925  | 101.966 |
| 130         | 920.233 | 1042.8   | 101.024 |
| 131         | 907.366 | 991.257  | 101.949 |
| 132         | 911.686 | 1048.947 | 101.218 |

| COORDENADAS |         |          |         |
|-------------|---------|----------|---------|
| No.         | X       | Y        | Z       |
| 133         | 910.334 | 991.269  | 101.816 |
| 134         | 903.151 | 1053.702 | 101.155 |
| 135         | 907.701 | 986.697  | 101.879 |
| 136         | 889.675 | 1060.248 | 101.588 |
| 137         | 910.611 | 986.901  | 101.789 |
| 138         | 877.81  | 1062.052 | 101.803 |
| 139         | 907.529 | 982.144  | 101.939 |
| 140         | 856.975 | 1063.308 | 102.331 |
| 141         | 910.806 | 982.187  | 101.807 |
| 142         | 840.476 | 1055.701 | 102.961 |
| 143         | 907.7   | 977.172  | 101.968 |
| 144         | 840.476 | 1055.701 | 102.961 |
| 145         | 911.096 | 977.504  | 101.834 |
| 146         | 910.212 | 972.683  | 101.72  |
| 147         | 831.016 | 960.603  | 104.314 |
| 148         | 909.184 | 965.173  | 101.734 |
| 149         | 830.949 | 976.494  | 104.396 |
| 150         | 831.069 | 991.877  | 104.198 |
| 151         | 916.772 | 965.688  | 101.508 |
| 152         | 831.443 | 1014.066 | 104.008 |
| 153         | 831.434 | 1033.638 | 103.688 |
| 154         | 830.491 | 1050.138 | 103.277 |
| 155         | 914.21  | 965.591  | 101.559 |
| 156         | 819.461 | 1044.751 | 103.683 |
| 157         | 916.408 | 970.174  | 101.441 |
| 158         | 819.59  | 1026.244 | 103.904 |
| 159         | 913.427 | 969.76   | 101.531 |
| 160         | 818.787 | 1003.748 | 104.255 |
| 161         | 916.131 | 974.399  | 101.528 |
| 162         | 818.695 | 987.898  | 104.367 |
| 163         | 912.941 | 974.206  | 101.663 |
| 164         | 818.46  | 971.696  | 104.714 |
| 165         | 915.963 | 978.628  | 101.568 |
| 166         | 808.137 | 981.908  | 104.306 |
| 167         | 912.378 | 978.032  | 101.745 |
| 168         | 808.118 | 997.107  | 104.268 |
| 169         | 915.799 | 982.997  | 101.559 |
| 170         | 808.536 | 1017.646 | 104.106 |
| 171         | 912.388 | 978.042  | 101.753 |
| 172         | 808.539 | 1040.968 | 103.8   |
| 173         | 915.485 | 987.421  | 101.66  |
| 174         | 802.443 | 1042.452 | 103.86  |
| 175         | 911.916 | 982.861  | 101.745 |
| 176         | 802.36  | 1027.086 | 103.875 |
| 177         | 915.17  | 991.9    | 101.665 |

| COORDENADAS |         |          |         |
|-------------|---------|----------|---------|
| No.         | X       | Y        | Z       |
| 178         | 802.408 | 1008.847 | 104.415 |
| 179         | 911.488 | 987.567  | 101.762 |
| 180         | 801.501 | 990.617  | 104.223 |
| 181         | 914.725 | 996.162  | 101.873 |
| 182         | 793.907 | 1014.265 | 104.285 |
| 183         | 911.362 | 992.504  | 101.783 |
| 184         | 786.52  | 1007.565 | 104.047 |
| 185         | 911.541 | 996.086  | 101.924 |
| 186         | 794.689 | 1016.827 | 104.286 |
| 187         | 794.901 | 1022.662 | 104.084 |
| 188         | 916.524 | 973.694  | 101.475 |
| 189         | 791.806 | 1028.251 | 103.79  |
| 190         | 791.467 | 1046.674 | 103.416 |
| 191         | 930.876 | 981.655  | 101.447 |
| 192         | 930.523 | 975.184  | 100.764 |
| 193         | 809.049 | 935.841  | 105.705 |
| 194         | 825.94  | 951.585  | 104.694 |
| 195         | 931.072 | 971.112  | 100.861 |
| 196         | 926.779 | 954.396  | 101.192 |
| 197         | 805.679 | 932.79   | 106.158 |
| 198         | 932.058 | 949.997  | 101.241 |
| 199         | 931.434 | 954.839  | 101.21  |
| 200         | 926.371 | 958.672  | 101.145 |
| 201         | 931.524 | 959.246  | 101.189 |
| 202         | 925.427 | 963.276  | 101.547 |
| 203         | 925.107 | 966.309  | 101.087 |
| 204         | 924.5   | 971.093  | 101.158 |
| 205         | 931.052 | 971.16   | 100.851 |
| 206         | 924.19  | 974.365  | 101.237 |
| 207         | 930.961 | 975.167  | 100.751 |
| 208         | 936.492 | 975.676  | 100.476 |
| 209         | 940.718 | 976.135  | 100.392 |
| 210         | 937.597 | 971.502  | 100.599 |
| 211         | 938.004 | 969.034  | 100.693 |
| 212         | 941.059 | 971.669  | 100.491 |
| 213         | 938.47  | 963.969  | 100.748 |
| 214         | 941.342 | 969.264  | 100.575 |
| 215         | 938.154 | 958.446  | 100.919 |
| 216         | 941.497 | 964.836  | 100.707 |
| 217         | 938.608 | 953.094  | 100.847 |
| 218         | 941.769 | 960.624  | 100.732 |
| 219         | 939.372 | 950.4    | 100.939 |
| 220         | 942.247 | 956.166  | 100.776 |
| 221         | 948.454 | 950.832  | 100.667 |
| 222         | 942.248 | 950.609  | 100.781 |

| COORDENADAS |         |         |         |
|-------------|---------|---------|---------|
| No.         | X       | Y       | Z       |
| 223         | 948.932 | 955.523 | 100.549 |
| 224         | 954.435 | 951.049 | 100.466 |
| 225         | 954.51  | 951.271 | 100.425 |
| 226         | 949.481 | 960.585 | 100.462 |
| 227         | 954.502 | 954.907 | 100.414 |
| 228         | 948.772 | 965.879 | 100.605 |
| 229         | 953.991 | 959.087 | 100.381 |
| 230         | 947.814 | 970.188 | 100.371 |
| 231         | 947.371 | 972.841 | 100.356 |
| 232         | 954.049 | 959.262 | 100.37  |
| 233         | 946.768 | 976.514 | 100.213 |
| 234         | 953.777 | 963.755 | 100.312 |
| 235         | 956.484 | 977.842 | 99.886  |
| 236         | 953.334 | 967.867 | 100.351 |
| 237         | 957.169 | 974.451 | 100.064 |
| 238         | 952.528 | 970.676 | 100.254 |
| 239         | 957.628 | 971.556 | 100.099 |
| 240         | 952.253 | 973.661 | 100.209 |
| 241         | 952.197 | 973.682 | 100.213 |
| 242         | 958.543 | 967.018 | 100.09  |
| 243         | 951.689 | 977.287 | 100.034 |
| 244         | 960.114 | 961.507 | 100.06  |
| 245         | 962.204 | 978.419 | 99.811  |
| 246         | 960.191 | 956.948 | 100.199 |
| 247         | 962.306 | 975.061 | 99.912  |
| 248         | 962.468 | 951.233 | 100.236 |
| 249         | 962.197 | 967.245 | 99.91   |
| 250         | 973.327 | 951.546 | 99.848  |
| 251         | 961.444 | 962.476 | 99.969  |
| 252         | 969.297 | 957.167 | 99.838  |
| 253         | 967.973 | 962.467 | 99.693  |
| 254         | 962.109 | 956.864 | 100.195 |
| 255         | 968.007 | 962.457 | 99.715  |
| 256         | 962.483 | 951.299 | 100.269 |
| 257         | 966.134 | 967.571 | 99.816  |
| 258         | 971.837 | 951.741 | 99.886  |
| 259         | 965.553 | 972.32  | 99.85   |
| 260         | 971.589 | 955.738 | 99.803  |
| 261         | 964.969 | 975.098 | 99.892  |
| 262         | 971.668 | 960.431 | 99.615  |
| 263         | 964.636 | 978.534 | 99.722  |
| 264         | 965.627 | 978.722 | 99.677  |
| 265         | 968.103 | 985.974 | 99.87   |
| 266         | 971.455 | 965.629 | 99.605  |
| 267         | 974.316 | 986.481 | 99.904  |

| COORDENADAS |          |         |        |
|-------------|----------|---------|--------|
| No.         | X        | Y       | Z      |
| 268         | 971.509  | 970.096 | 99.532 |
| 269         | 974.865  | 979.835 | 99.759 |
| 270         | 971.053  | 972.64  | 99.675 |
| 271         | 976.452  | 975.676 | 99.691 |
| 272         | 970.707  | 975.6   | 99.739 |
| 273         | 977.059  | 973.01  | 99.671 |
| 274         | 970.708  | 979.279 | 99.631 |
| 275         | 976.858  | 967.542 | 99.575 |
| 276         | 980.319  | 980.131 | 99.576 |
| 277         | 977.832  | 962.674 | 99.511 |
| 278         | 980.227  | 976.795 | 99.676 |
| 279         | 978.276  | 958.137 | 99.613 |
| 280         | 980.378  | 973.364 | 99.628 |
| 281         | 973.248  | 951.616 | 99.849 |
| 282         | 980.13   | 968.654 | 99.617 |
| 283         | 987.583  | 952.297 | 99.543 |
| 284         | 980.656  | 963.547 | 99.391 |
| 285         | 987.007  | 958.958 | 99.406 |
| 286         | 980.659  | 957.604 | 99.575 |
| 287         | 985.995  | 964.123 | 99.366 |
| 288         | 980.727  | 953.934 | 99.517 |
| 289         | 984.647  | 969.29  | 99.409 |
| 290         | 991.292  | 952.504 | 99.467 |
| 291         | 984.673  | 969.289 | 99.458 |
| 292         | 983.782  | 973.558 | 99.625 |
| 293         | 991.14   | 958.284 | 99.292 |
| 294         | 983.42   | 976.488 | 99.605 |
| 295         | 990.825  | 963.633 | 99.283 |
| 296         | 983.299  | 980.435 | 99.492 |
| 297         | 990.637  | 968.989 | 99.368 |
| 298         | 994.596  | 981.377 | 99.235 |
| 299         | 990.507  | 973.617 | 99.441 |
| 300         | 995.007  | 977.52  | 99.376 |
| 301         | 990.272  | 977.303 | 99.458 |
| 302         | 994.629  | 973.774 | 99.44  |
| 303         | 990.151  | 981.18  | 99.323 |
| 304         | 995.072  | 968.36  | 99.297 |
| 305         | 998.679  | 981.696 | 99.165 |
| 306         | 995.598  | 962.79  | 99.244 |
| 307         | 998.603  | 977.8   | 99.273 |
| 308         | 996.492  | 958.004 | 99.194 |
| 309         | 999.765  | 974.096 | 99.253 |
| 310         | 997.147  | 954.757 | 99.235 |
| 311         | 1000.497 | 969.888 | 99.135 |
| 312         | 1007.942 | 953.387 | 99.14  |

| COORDENADAS |          |         |        |
|-------------|----------|---------|--------|
| No.         | X        | Y       | Z      |
| 313         | 1000.625 | 963.904 | 99.156 |
| 314         | 1007.289 | 958.457 | 99.128 |
| 315         | 1001.077 | 958.815 | 99.128 |
| 316         | 1006.896 | 963.594 | 99.024 |
| 317         | 1001.199 | 952.985 | 99.255 |
| 318         | 1006.053 | 968.476 | 99.05  |
| 319         | 1011.929 | 953.444 | 99.069 |
| 320         | 1004.924 | 973.815 | 99.101 |
| 321         | 1011.506 | 959.086 | 99.03  |
| 322         | 1004.63  | 977.621 | 99.205 |
| 323         | 1011.874 | 964.533 | 98.955 |
| 324         | 1004.247 | 981.876 | 99.087 |
| 325         | 1011.344 | 969.662 | 99.032 |
| 326         | 1016.647 | 982.518 | 98.822 |
| 327         | 1011.06  | 973.806 | 98.989 |
| 328         | 1016.431 | 978.067 | 98.972 |
| 329         | 1015.861 | 973.315 | 98.898 |
| 330         | 1011.171 | 977.912 | 99.114 |
| 331         | 1015.227 | 967.452 | 98.908 |
| 332         | 1011.117 | 982.564 | 99.016 |
| 333         | 1015.39  | 961.287 | 98.951 |
| 334         | 1020.436 | 982.14  | 98.752 |
| 335         | 1015.959 | 956.144 | 99.036 |
| 336         | 1019.251 | 977.38  | 98.848 |
| 337         | 1016.479 | 953.779 | 99.034 |
| 338         | 1018.661 | 972.91  | 98.823 |
| 339         | 1027.627 | 954.021 | 99.091 |
| 340         | 1019.291 | 967.377 | 98.88  |
| 341         | 1026.4   | 959.026 | 98.88  |
| 342         | 1019.709 | 962.599 | 98.924 |
| 343         | 1025.397 | 963.431 | 98.856 |
| 344         | 1019.723 | 957.627 | 98.978 |
| 345         | 1024.561 | 968.971 | 98.781 |
| 346         | 1019.648 | 953.655 | 99.017 |
| 347         | 1025.031 | 973.89  | 98.826 |
| 348         | 1027.244 | 977.522 | 98.675 |
| 349         | 1029.883 | 954.22  | 98.991 |
| 350         | 1029.511 | 975.187 | 98.712 |
| 351         | 1029.887 | 954.223 | 99.023 |
| 352         | 1032.987 | 975.966 | 98.769 |
| 353         | 1029.996 | 959.849 | 98.79  |
| 354         | 1038.083 | 974.02  | 98.727 |
| 355         | 1029.856 | 963.552 | 98.814 |
| 356         | 1037.648 | 954.337 | 98.865 |
| 357         | 1031.541 | 967.098 | 98.688 |

| COORDENADAS |          |          |         |
|-------------|----------|----------|---------|
| No.         | X        | Y        | Z       |
| 358         | 1038.057 | 960.19   | 98.816  |
| 359         | 944.865  | 1018.534 | 100.965 |
| 360         | 935.288  | 1018.027 | 101.192 |
| 361         | 916.814  | 1011.18  | 101.526 |
| 362         | 885.592  | 1009.675 | 102.366 |
| 363         | 886.54   | 957.634  | 102.238 |

TABLA 12.5

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas"

$$M_{a, pos, II} = C_{a, II} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{b, pos, II} = C_{b, II} w l_b^2$$

| Relación<br>$m = \frac{l_a}{l_b}$ | Caso 1                                                                            | Caso 2                                                                            | Caso 3                                                                            | Caso 4                                                                            | Caso 5                                                                            | Caso 6                                                                             | Caso 7                                                                              | Caso 8                                                                              | Caso 9                                                                              |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.00 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.036<br>0.036                                                                    | 0.027<br>0.027                                                                    | 0.027<br>0.032                                                                    | 0.032<br>0.032                                                                    | 0.032<br>0.027                                                                    | 0.035<br>0.032                                                                     | 0.032<br>0.035                                                                      | 0.028<br>0.030                                                                      | 0.030<br>0.028                                                                      |
| 0.95 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.040<br>0.033                                                                    | 0.030<br>0.025                                                                    | 0.031<br>0.029                                                                    | 0.035<br>0.029                                                                    | 0.034<br>0.024                                                                    | 0.038<br>0.029                                                                     | 0.036<br>0.032                                                                      | 0.031<br>0.027                                                                      | 0.032<br>0.025                                                                      |
| 0.90 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.045<br>0.029                                                                    | 0.034<br>0.022                                                                    | 0.035<br>0.027                                                                    | 0.039<br>0.026                                                                    | 0.037<br>0.021                                                                    | 0.042<br>0.025                                                                     | 0.040<br>0.029                                                                      | 0.035<br>0.024                                                                      | 0.036<br>0.022                                                                      |
| 0.85 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.050<br>0.026                                                                    | 0.037<br>0.019                                                                    | 0.040<br>0.024                                                                    | 0.043<br>0.023                                                                    | 0.041<br>0.019                                                                    | 0.046<br>0.022                                                                     | 0.045<br>0.026                                                                      | 0.040<br>0.022                                                                      | 0.039<br>0.020                                                                      |
| 0.80 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.056<br>0.023                                                                    | 0.041<br>0.017                                                                    | 0.045<br>0.022                                                                    | 0.048<br>0.020                                                                    | 0.044<br>0.016                                                                    | 0.051<br>0.019                                                                     | 0.051<br>0.023                                                                      | 0.044<br>0.019                                                                      | 0.042<br>0.017                                                                      |
| 0.75 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.061<br>0.019                                                                    | 0.045<br>0.014                                                                    | 0.051<br>0.019                                                                    | 0.052<br>0.016                                                                    | 0.047<br>0.013                                                                    | 0.055<br>0.016                                                                     | 0.056<br>0.020                                                                      | 0.049<br>0.016                                                                      | 0.046<br>0.013                                                                      |
| 0.70 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.068<br>0.016                                                                    | 0.049<br>0.012                                                                    | 0.057<br>0.016                                                                    | 0.057<br>0.014                                                                    | 0.051<br>0.011                                                                    | 0.060<br>0.013                                                                     | 0.063<br>0.017                                                                      | 0.054<br>0.014                                                                      | 0.050<br>0.011                                                                      |
| 0.65 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.074<br>0.013                                                                    | 0.053<br>0.010                                                                    | 0.064<br>0.014                                                                    | 0.062<br>0.011                                                                    | 0.055<br>0.009                                                                    | 0.064<br>0.010                                                                     | 0.070<br>0.014                                                                      | 0.059<br>0.011                                                                      | 0.054<br>0.009                                                                      |
| 0.60 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.081<br>0.010                                                                    | 0.058<br>0.007                                                                    | 0.071<br>0.011                                                                    | 0.067<br>0.009                                                                    | 0.059<br>0.007                                                                    | 0.068<br>0.008                                                                     | 0.077<br>0.011                                                                      | 0.065<br>0.009                                                                      | 0.059<br>0.007                                                                      |
| 0.55 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.088<br>0.008                                                                    | 0.062<br>0.006                                                                    | 0.080<br>0.009                                                                    | 0.072<br>0.007                                                                    | 0.063<br>0.005                                                                    | 0.073<br>0.006                                                                     | 0.085<br>0.009                                                                      | 0.070<br>0.007                                                                      | 0.063<br>0.006                                                                      |
| 0.50 $C_{a, II}$<br>$C_{b, II}$   | 0.095<br>0.006                                                                    | 0.066<br>0.004                                                                    | 0.088<br>0.007                                                                    | 0.077<br>0.005                                                                    | 0.067<br>0.004                                                                    | 0.078<br>0.005                                                                     | 0.092<br>0.007                                                                      | 0.076<br>0.005                                                                      | 0.067<br>0.004                                                                      |

\* Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o **se encuentra empotrada** en el apoyo; un borde **sin marcas** indica un apoyo donde la resistencia **torsional** es despreciable.

**TABLA 12.3**

**Coefficientes para momentos negativos en losas\***

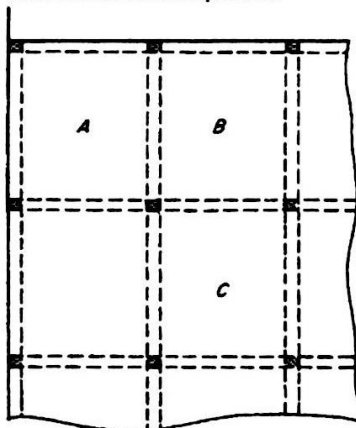
$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

| Relación<br>$m = \frac{l_a}{l_b}$ | Caso 1                                                                            | Caso 2                                                                            | Caso 3                                                                            | Caso 4                                                                            | Caso 5                                                                            | Caso 6                                                                             | Caso 7                                                                              | Caso 8                                                                              | Caso 9                                                                              |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.00                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.045<br>0.045                                                                    | 0.076                                                                             | 0.050<br>0.050                                                                    | 0.075                                                                             | 0.071                                                                              | 0.071                                                                               | 0.033<br>0.061                                                                      | 0.061<br>0.033                                                                      |
| 0.95                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.050<br>0.041                                                                    | 0.072                                                                             | 0.055<br>0.045                                                                    | 0.079                                                                             | 0.075                                                                              | 0.067                                                                               | 0.038<br>0.056                                                                      | 0.065<br>0.029                                                                      |
| 0.90                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.055<br>0.037                                                                    | 0.070                                                                             | 0.060<br>0.040                                                                    | 0.080                                                                             | 0.079                                                                              | 0.062                                                                               | 0.043<br>0.052                                                                      | 0.068<br>0.025                                                                      |
| 0.85                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.060<br>0.031                                                                    | 0.065                                                                             | 0.066<br>0.034                                                                    | 0.082                                                                             | 0.083                                                                              | 0.057                                                                               | 0.049<br>0.046                                                                      | 0.072<br>0.021                                                                      |
| 0.80                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.065<br>0.027                                                                    | 0.061                                                                             | 0.071<br>0.029                                                                    | 0.083                                                                             | 0.086                                                                              | 0.051                                                                               | 0.055<br>0.041                                                                      | 0.075<br>0.017                                                                      |
| 0.75                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.069<br>0.022                                                                    | 0.056                                                                             | 0.076<br>0.024                                                                    | 0.085                                                                             | 0.088                                                                              | 0.044                                                                               | 0.061<br>0.036                                                                      | 0.078<br>0.014                                                                      |
| 0.70                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.074<br>0.017                                                                    | 0.050                                                                             | 0.081<br>0.019                                                                    | 0.086                                                                             | 0.091                                                                              | 0.038                                                                               | 0.068<br>0.029                                                                      | 0.081<br>0.011                                                                      |
| 0.65                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.077<br>0.014                                                                    | 0.043                                                                             | 0.085<br>0.015                                                                    | 0.087                                                                             | 0.093                                                                              | 0.031                                                                               | 0.074<br>0.024                                                                      | 0.083<br>0.008                                                                      |
| 0.60                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.081<br>0.010                                                                    | 0.035                                                                             | 0.089<br>0.011                                                                    | 0.088                                                                             | 0.095                                                                              | 0.024                                                                               | 0.080<br>0.018                                                                      | 0.085<br>0.006                                                                      |
| 0.55                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.084<br>0.007                                                                    | 0.028                                                                             | 0.092<br>0.008                                                                    | 0.089                                                                             | 0.096                                                                              | 0.019                                                                               | 0.085<br>0.014                                                                      | 0.086<br>0.005                                                                      |
| 0.50                              | $C_{a,neg}$<br>$C_{b,neg}$                                                        | 0.086<br>0.006                                                                    | 0.022                                                                             | 0.094<br>0.006                                                                    | 0.090                                                                             | 0.097                                                                              | 0.014                                                                               | 0.089<br>0.010                                                                      | 0.088<br>0.003                                                                      |

\* Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.



**FIGURA 12.8**

Planta de una losa de piso típica en dos direcciones con vigas en los ejes de columnas.

**TABLA 12.4**

**Coeficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas"**

$$M_{a, pos, dl} = C_{a, dl} w l_a^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

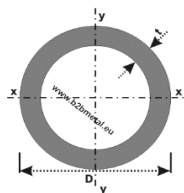
$$M_{b, pos, dl} = C_{b, dl} w l_b^2$$

| Relación<br>$l_b$               | Caso 1                                                                            | Caso 2                                                                            | Caso 3                                                                            | Caso 4                                                                            | Caso 5                                                                            | Caso 6                                                                             | Caso 7                                                                              | Caso 8                                                                              | Caso 9                                                                              |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.00 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.036<br>0.036                                                                    | 0.018<br>0.018                                                                    | 0.018<br>0.027                                                                    | 0.027<br>0.027                                                                    | 0.027<br>0.018                                                                    | 0.033<br>0.027                                                                     | 0.027<br>0.033                                                                      | 0.020<br>0.023                                                                      | 0.023<br>0.020                                                                      |
| 0.95 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.040<br>0.033                                                                    | 0.020<br>0.016                                                                    | 0.021<br>0.025                                                                    | 0.030<br>0.024                                                                    | 0.028<br>0.015                                                                    | 0.036<br>0.024                                                                     | 0.031<br>0.031                                                                      | 0.022<br>0.021                                                                      | 0.024<br>0.017                                                                      |
| 0.90 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.045<br>0.029                                                                    | 0.022<br>0.014                                                                    | 0.025<br>0.024                                                                    | 0.033<br>0.022                                                                    | 0.029<br>0.013                                                                    | 0.039<br>0.021                                                                     | 0.035<br>0.028                                                                      | 0.025<br>0.019                                                                      | 0.026<br>0.015                                                                      |
| 0.85 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.050<br>0.026                                                                    | 0.024<br>0.012                                                                    | 0.029<br>0.022                                                                    | 0.036<br>0.019                                                                    | 0.031<br>0.011                                                                    | 0.042<br>0.017                                                                     | 0.040<br>0.025                                                                      | 0.029<br>0.017                                                                      | 0.028<br>0.013                                                                      |
| 0.80 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.056<br>0.023                                                                    | 0.026<br>0.011                                                                    | 0.034<br>0.020                                                                    | 0.039<br>0.016                                                                    | 0.032<br>0.009                                                                    | 0.045<br>0.015                                                                     | 0.045<br>0.022                                                                      | 0.032<br>0.015                                                                      | 0.029<br>0.010                                                                      |
| 0.75 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.061<br>0.019                                                                    | 0.028<br>0.009                                                                    | 0.040<br>0.018                                                                    | 0.043<br>0.013                                                                    | 0.033<br>0.007                                                                    | 0.048<br>0.012                                                                     | 0.051<br>0.020                                                                      | 0.036<br>0.013                                                                      | 0.031<br>0.007                                                                      |
| 0.70 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.068<br>0.016                                                                    | 0.030<br>0.007                                                                    | 0.046<br>0.016                                                                    | 0.046<br>0.011                                                                    | 0.035<br>0.005                                                                    | 0.051<br>0.009                                                                     | 0.058<br>0.017                                                                      | 0.040<br>0.011                                                                      | 0.033<br>0.006                                                                      |
| 0.65 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.074<br>0.013                                                                    | 0.032<br>0.006                                                                    | 0.054<br>0.014                                                                    | 0.050<br>0.009                                                                    | 0.036<br>0.004                                                                    | 0.054<br>0.007                                                                     | 0.065<br>0.014                                                                      | 0.044<br>0.009                                                                      | 0.034<br>0.005                                                                      |
| 0.60 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.081<br>0.010                                                                    | 0.034<br>0.004                                                                    | 0.062<br>0.011                                                                    | 0.053<br>0.007                                                                    | 0.037<br>0.003                                                                    | 0.056<br>0.006                                                                     | 0.073<br>0.012                                                                      | 0.048<br>0.007                                                                      | 0.036<br>0.004                                                                      |
| 0.55 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.088<br>0.008                                                                    | 0.035<br>0.003                                                                    | 0.071<br>0.009                                                                    | 0.056<br>0.005                                                                    | 0.038<br>0.002                                                                    | 0.058<br>0.004                                                                     | 0.081<br>0.009                                                                      | 0.052<br>0.005                                                                      | 0.037<br>0.003                                                                      |
| 0.50 $C_{a, dl}$<br>$C_{b, dl}$ | 0.095<br>0.006                                                                    | 0.037<br>0.002                                                                    | 0.080<br>0.007                                                                    | 0.059<br>0.004                                                                    | 0.039<br>0.001                                                                    | 0.061<br>0.003                                                                     | 0.089<br>0.007                                                                      | 0.056<br>0.004                                                                      | 0.038<br>0.002                                                                      |

\* Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia **torsional** es despreciable.

## DIÁMETROS DE VARILLAS DE ACERO GRADO 60

| N° Varilla | Diámetro |      | Área<br>cm <sup>2</sup> | Peso<br>kg/m |
|------------|----------|------|-------------------------|--------------|
|            | pulg     | cm   |                         |              |
| 2          | 1/4      | 0.64 | 0.32                    | 0.248        |
| 2.5        | 5/16     | 0.79 | 0.49                    | 0.388        |
| 3          | 3/8      | 0.95 | 0.71                    | 0.56         |
| 4          | 1/2      | 1.27 | 1.27                    | 0.994        |
| 5          | 5/8      | 1.59 | 1.99                    | 1.552        |
| 6          | 3/4      | 1.91 | 2.85                    | 2.235        |
| 8          | 1        | 2.54 | 5.07                    | 3.973        |
| 10         | 1 1/4    | 3.18 | 7.94                    | 6.225        |
| 12         | 1 1/2    | 3.81 | 11.40                   | 8.938        |



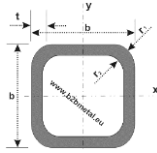
## TUBO

### DIMENSIONES Y PROPIEDADES

| Dimensión                  |                             |                             |                               | Peso por pie<br>Lb. | Propiedades |           |          |          |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------|-----------|----------|----------|
| Diámetro<br>Nominal<br>In. | Diámetro<br>Exterior<br>In. | Diámetro<br>Interior<br>In. | Espesor de la<br>pared<br>In. |                     | A<br>In².   | I<br>In⁴. | S<br>In. | r<br>In. |
| Peso Estándar              |                             |                             |                               |                     |             |           |          |          |
| ½                          | 0.84                        | 0.622                       | 0.109                         | 0.85                | 0.25        | 0.017     | 0.041    | 0.261    |
| ¾                          | 1.05                        | 0.824                       | 0.113                         | 1.13                | 0.333       | 0.037     | 0.071    | 0.334    |
| 1                          | 1.315                       | 1.049                       | 0.133                         | 1.68                | 0.494       | 0.087     | 0.133    | 0.421    |
| 1¼                         | 1.66                        | 1.38                        | 0.14                          | 2.27                | 0.669       | 0.195     | 0.235    | 0.54     |
| 1½                         | 1.9                         | 1.61                        | 0.145                         | 2.72                | 0.799       | 0.31      | 0.326    | 0.623    |
| 2                          | 2.375                       | 2.067                       | 0.154                         | 3.65                | 1.07        | 0.666     | 0.561    | 0.787    |
| 2½                         | 2.875                       | 2.469                       | 0.203                         | 5.79                | 1.7         | 1.53      | 1.06     | 0.947    |
| 3                          | 3.5                         | 3.068                       | 0.216                         | 7.58                | 2.23        | 3.02      | 1.72     | 1.16     |
| 3½                         | 4                           | 3.548                       | 0.226                         | 9.11                | 2.68        | 4.79      | 2.39     | 1.34     |
| 4                          | 4.5                         | 4.026                       | 0.237                         | 10.79               | 3.17        | 7.23      | 3.21     | 1.51     |
| 5                          | 5.563                       | 5.047                       | 0.258                         | 14.62               | 4.3         | 15.2      | 5.45     | 1.88     |
| 6                          | 6.625                       | 6.065                       | 0.28                          | 18.97               | 5.58        | 28.1      | 8.5      | 2.25     |
| 8                          | 8.625                       | 7.981                       | 0.322                         | 28.55               | 8.4         | 72.5      | 16.8     | 2.94     |
| 10                         | 10.75                       | 10.02                       | 0.365                         | 40.48               | 11.9        | 161       | 29.9     | 3.67     |
| 12                         | 12.75                       | 12                          | 0.375                         | 49.56               | 14.6        | 279       | 43.8     | 4.38     |
| Super fuerte               |                             |                             |                               |                     |             |           |          |          |
| ½                          | 0.84                        | 0.546                       | 0.147                         | 1.09                | 0.32        | 0.02      | 0.048    | 0.25     |
| ¾                          | 1.05                        | 0.742                       | 0.154                         | 1.47                | 0.433       | 0.45      | 0.085    | 0.321    |
| 1                          | 1.315                       | 0.957                       | 0.179                         | 2.17                | 0.639       | 0.106     | 0.161    | 0.407    |
| 1¼                         | 1.66                        | 1.278                       | 0.191                         | 3                   | 0.881       | 0.242     | 0.291    | 0.524    |
| 1½                         | 1.9                         | 1.5                         | 0.2                           | 3.63                | 1.07        | 0.391     | 0.412    | 0.605    |
| 2                          | 2.375                       | 1.939                       | 0.218                         | 5.02                | 1.48        | 0.868     | 0.731    | 0.766    |
| 2½                         | 2.875                       | 2.323                       | 0.276                         | 7.66                | 2.25        | 1.92      | 1.34     | 0.924    |
| 3                          | 3.5                         | 2.9                         | 0.3                           | 10.25               | 3.02        | 3.89      | 2.23     | 1.14     |
| 3½                         | 4                           | 3.364                       | 0.318                         | 12.5                | 3.68        | 6.28      | 3.14     | 1.31     |
| 4                          | 4.5                         | 3.826                       | 0.337                         | 14.98               | 4.41        | 9.61      | 4.27     | 1.48     |
| 5                          | 5.563                       | 4.813                       | 0.375                         | 20.78               | 6.11        | 20.7      | 7.43     | 1.84     |
| 6                          | 6.625                       | 5.761                       | 0.432                         | 28.57               | 8.4         | 40.5      | 12.2     | 2.19     |
| 8                          | 8.625                       | 7.625                       | 0.5                           | 43.39               | 12.8        | 106       | 24.5     | 2.88     |
| 10                         | 10.75                       | 9.75                        | 0.5                           | 54.74               | 16.1        | 212       | 39.4     | 3.63     |
| 12                         | 12.75                       | 11.75                       | 0.5                           | 65.42               | 19.2        | 362       | 56.7     | 4.33     |
| Doble extra fuerte         |                             |                             |                               |                     |             |           |          |          |
| 2                          | 2.375                       | 1.503                       | 0.436                         | 9.03                | 2.66        | 1.31      | 1.1      | 0.703    |
| 2½                         | 2.875                       | 1.771                       | 0.552                         | 13.69               | 4.03        | 2.87      | 2        | 0.844    |
| 3                          | 3.5                         | 2.3                         | 0.6                           | 18.58               | 5.47        | 5.99      | 3.42     | 1.05     |
| 4                          | 4.5                         | 3.152                       | 0.674                         | 27.54               | 8.1         | 15.3      | 6.79     | 1.37     |
| 5                          | 5.563                       | 4.063                       | 0.75                          | 38.55               | 11.3        | 33.6      | 12.1     | 1.72     |
| 6                          | 6.625                       | 4.897                       | 0.864                         | 53.16               | 15.6        | 66.3      | 20       | 2.06     |
| 8                          | 8.625                       | 6.875                       | 0.875                         | 72.42               | 21.3        | 162       | 37.6     | 2.76     |

Las secciones enumeradas están disponibles de conformidad con la especificación ASTM A53 Grado B o A501.

Otras secciones se hacen a estas especificaciones. Consulte con los fabricantes o distribuidores de tuberías para conocer la disponibilidad.



## TUBO DIMENSIONES Y PROPIEDADES

| Dimensión lateral específica | Espesor específico | Masa por unidad de longitud | Sección transversal | Segundo momento de área | Radio de giro | Módulo de sección elástica | Módulo de sección de plástico | Constante de inercia torsional | Constante de módulo de torsión | Área superficial por metro de longitud | Longitud nominal por tonelada |
|------------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
| b                            | t                  | M                           | A                   | I                       | i             | W el                       | Wpl                           | It                             | C t                            | As                                     |                               |
| mm                           | mm                 | Kg/m                        | cm <sup>2</sup>     | cm <sup>4</sup>         | cm            | cm <sup>3</sup>            | cm <sup>3</sup>               | cm <sup>4</sup>                | cm <sup>3</sup>                | m <sup>2</sup> /m                      | m                             |
| 30                           | 2                  | 1.76                        | 2.24                | 2.923                   | 1.142         | 1.949                      |                               | 4.519                          | 2.759                          |                                        |                               |
| 30                           | 6                  | 4.52                        | 5.76                | 5.48                    | 0.975         | 3.653                      |                               | 8.938                          | 4.774                          |                                        |                               |
| 40                           | 2.5                | 2.89                        | 3.68                | 8.54                    | 1.52          | 4.27                       | 5.14                          | 13.6                           | 6.22                           | 0.154                                  | 346                           |
| 40                           | 8                  | 8.04                        | 10.24               | 17.3                    | 1.3           | 8.66                       |                               | 28.3                           | 11.3                           |                                        |                               |
| 50                           | 2.5                | 3.68                        | 4.68                | 14.5                    | 1.93          | 6.99                       | 8.29                          | 27.5                           | 10.2                           | 0.194                                  | 272                           |
| 50                           | 4                  | 5.64                        | 7.19                | 25                      | 1.86          | 9.99                       | 12.3                          | 40.4                           | 14.5                           | 0.19                                   | 177                           |
| 50                           | 5                  | 6.85                        | 8.73                | 28.9                    | 1.82          | 11.6                       | 14.5                          | 47.6                           | 16.7                           | 0.187                                  | 146                           |
| 50                           | 10                 | 12.6                        | 16                  | 42.3                    | 1.63          | 16.9                       |                               | 69                             | 22.1                           |                                        |                               |
| 55                           | 3                  | 4.9                         | 6.24                | 28.1                    | 2.12          | 10.2                       |                               | 43.2                           | 14.6                           |                                        |                               |
| 55                           | 10                 | 14.1                        | 18                  | 60.3                    | 1.83          | 21.9                       |                               | 97.8                           | 28.9                           |                                        |                               |
| 60                           | 2.6                | 4.63                        | 5.9                 | 32.2                    | 2.34          | 10.7                       | 12.6                          | 50.2                           | 15.7                           | 0.233                                  | 216                           |
| 60                           | 12.5               | 17.3                        | 22.1                | 78                      | 1.88          | 26                         |                               | 139                            | 37                             |                                        |                               |
| 65                           | 3                  | 5.84                        | 7.44                | 47.6                    | 2.53          | 14.7                       |                               | 72.9                           | 21.1                           |                                        |                               |
| 65                           | 10                 | 17.3                        | 22                  | 110.2                   | 2.24          | 33.9                       |                               | 177.1                          | 45.4                           |                                        |                               |
| 70                           | 3                  | 6.24                        | 7.94                | 59                      | 2.73          | 16.9                       | 19.9                          | 92.2                           | 24.8                           | 0.272                                  | 160                           |
| 70                           | 6                  | 11.8                        | 15                  | 101                     | 2.59          | 28.7                       | 35.5                          | 163                            | 41.6                           | 0.265                                  | 85.1                          |
| 70                           | 6.3                | 12.3                        | 15.6                | 1404                    | 2.58          | 29.7                       | 36.9                          | 169                            | 42.9                           | 0.264                                  | 81.5                          |
| 70                           | 12.5               | 21.3                        | 27.1                | 142                     | 2.29          | 40.6                       |                               | 249                            | 58                             |                                        |                               |
| 80                           | 3.2                | 7.63                        | 9.72                | 95                      | 3.13          | 23.7                       | 27.9                          | 147                            | 34.9                           | 0.312                                  | 131                           |
| 80                           | 12.5               | 25.2                        | 32.1                | 234                     | 2.7           | 58.6                       |                               | 404                            | 83.8                           |                                        |                               |
| 90                           | 3.6                | 9.66                        | 12.3                | 152                     | 3.52          | 33.8                       | 39.7                          | 237                            | 49.7                           | 0.351                                  | 104                           |
| 90                           | 12                 | 29.1                        | 37.1                | 359                     | 3.11          | 79.8                       |                               | 612                            | 114                            |                                        |                               |
| 100                          | 3                  | 9.14                        | 11.67               | 182.5                   | 3.96          | 36.5                       |                               | 277.4                          | 53.2                           |                                        |                               |
| 100                          | 6.3                | 18.2                        | 23.2                | 336                     | 3.8           | 67.1                       | 80.9                          | 534                            | 97.8                           | 0.384                                  | 54.9                          |
| 100                          | 7.1                | 20.3                        | 25.8                | 367                     | 3.77          | 73.4                       |                               | 589                            | 107                            |                                        |                               |
| 100                          | 14.2               | 36.6                        | 46.6                | 553                     | 3.44          | 111                        |                               | 943                            | 158                            |                                        |                               |
| 150                          | 4                  | 17.9                        | 22.87               | 803.2                   | 5.93          | 107.1                      |                               | 1268                           | 161.6                          |                                        |                               |
| 150                          | 10                 | 43.1                        | 54.9                | 1773                    | 5.68          | 236                        | 286                           | 2832                           | 344                            | 0.574                                  | 23.2                          |
| 150                          | 16                 | 65.2                        | 83                  | 2430                    | 5.41          | 324                        | 411                           | 4026                           | 467                            | 0.559                                  | 15.3                          |
| 200                          | 4                  | 24.6                        | 31.3                | 2000                    | 8             | 200                        |                               | 3041                           | 295                            |                                        |                               |
| 200                          | 16                 | 90.3                        | 115                 | 6394                    | 7.46          | 639                        | 785                           | 10340                          | 927                            | 0.759                                  | 11.1                          |
| 250                          | 5                  | 38.3                        | 48.7                | 4861                    | 9.99          | 389                        | 447                           | 7430                           | 577                            | 0.987                                  | 26.1                          |
| 250                          | 16                 | 115                         | 147                 | 13270                   | 9.5           | 1061                       | 1280                          | 21140                          | 1546                           | 0.959                                  | 8.7                           |
| 300                          | 6                  | 55.1                        | 70.2                | 10080                   | 12            | 672                        | 772                           | 15407                          | 997                            | 1.18                                   | 18.2                          |
| 300                          | 16                 | 141                         | 179                 | 23850                   | 11.5          | 1590                       | 1895                          | 37620                          | 2325                           | 1.16                                   | 7.12                          |
| 350                          | 6.3                | 67.7                        | 86.2                | 16920                   | 14            | 967                        |                               | 25820                          | 1440                           |                                        |                               |
| 350                          | 16                 | 166                         | 211                 | 38940                   | 13.6          | 2225                       | 2630                          | 60990                          | 3264                           | 1.36                                   | 6.04                          |
| 400                          | 6.3                | 77.5                        | 98.8                | 25460                   | 16.1          | 1270                       |                               | 38760                          | 1890                           |                                        |                               |
| 400                          | 20                 | 235                         | 300                 | 71540                   | 15.4          | 3577                       | 4247                          | 112500                         | 5237                           | 1550                                   | 4.25                          |

La tabla actual representa tamaños, dimensiones, propiedades, especificaciones de secciones de acero estructural cuadrado hueco conformado en caliente. Fabricado de acuerdo a la norma: EN 10210: 2006

**TABLA 1-36**  
**TENSIÓN PERMISIBLE (KSI) PARA MIEMBROS DE COMPRESIÓN DE 36 KSI DE ACERO,**  
**LÍMITE DE TENSIÓN ESPECIFICADA**

| Miembros Principales y Secundarios<br>$\frac{Kl}{r}$ no mayores de 120 |                |                |                |                |                | Miembros Principales<br>$\frac{Kl}{r}$ 121 a 200 |                |                |                | Miembros Secundarios*<br>$\frac{Kl}{r}$ 121 a 200 |                   |               |                   |
|------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------------------------------|-------------------|---------------|-------------------|
| $\frac{Kl}{r}$                                                         | $F_a$<br>(Ksi) | $\frac{Kl}{r}$ | $F_a$<br>(Ksi) | $\frac{Kl}{r}$ | $F_a$<br>(Ksi) | $\frac{Kl}{r}$                                   | $F_a$<br>(Ksi) | $\frac{Kl}{r}$ | $F_a$<br>(Ksi) | $\frac{l}{r}$                                     | $F_{as}$<br>(Ksi) | $\frac{l}{r}$ | $F_{as}$<br>(Ksi) |
| 1                                                                      | 21.56          | 41             | 19.11          | 81             | 15.24          | 121                                              | 10.14          | 161            | 5.76           | 121                                               | 10.19             | 161           | 7.25              |
| 2                                                                      | 21.52          | 42             | 19.03          | 82             | 15.13          | 122                                              | 9.99           | 162            | 5.69           | 122                                               | 10.09             | 162           | 7.20              |
| 3                                                                      | 21.48          | 43             | 18.95          | 83             | 15.02          | 123                                              | 9.85           | 163            | 5.62           | 123                                               | 10.00             | 163           | 7.16              |
| 4                                                                      | 21.44          | 44             | 18.86          | 84             | 14.90          | 124                                              | 9.70           | 164            | 5.55           | 124                                               | 9.90              | 164           | 7.12              |
| 5                                                                      | 21.39          | 45             | 18.78          | 85             | 14.79          | 125                                              | 9.55           | 165            | 5.49           | 125                                               | 9.80              | 165           | 7.08              |
| 6                                                                      | 21.35          | 46             | 18.70          | 86             | 14.67          | 126                                              | 9.41           | 166            | 5.42           | 126                                               | 9.70              | 166           | 7.04              |
| 7                                                                      | 21.30          | 47             | 18.61          | 87             | 14.56          | 127                                              | 9.26           | 167            | 5.35           | 127                                               | 9.59              | 167           | 7.00              |
| 8                                                                      | 21.25          | 48             | 18.53          | 88             | 14.44          | 128                                              | 9.11           | 168            | 5.29           | 128                                               | 9.49              | 168           | 6.96              |
| 9                                                                      | 21.21          | 49             | 18.44          | 89             | 14.32          | 129                                              | 8.97           | 169            | 5.23           | 129                                               | 9.40              | 169           | 6.93              |
| 10                                                                     | 21.16          | 50             | 18.35          | 90             | 14.20          | 130                                              | 8.84           | 170            | 5.17           | 130                                               | 9.30              | 170           | 6.89              |
| 11                                                                     | 21.10          | 51             | 18.26          | 91             | 14.09          | 131                                              | 8.70           | 171            | 5.11           | 131                                               | 9.21              | 171           | 6.85              |
| 12                                                                     | 21.05          | 52             | 18.17          | 92             | 13.97          | 132                                              | 8.57           | 172            | 5.05           | 132                                               | 9.12              | 172           | 6.82              |
| 13                                                                     | 21.00          | 53             | 18.08          | 93             | 13.84          | 133                                              | 8.44           | 173            | 4.99           | 133                                               | 9.03              | 173           | 6.79              |
| 14                                                                     | 20.95          | 54             | 17.99          | 94             | 13.72          | 134                                              | 8.32           | 174            | 4.93           | 134                                               | 8.94              | 174           | 6.76              |
| 15                                                                     | 20.89          | 55             | 17.90          | 95             | 13.60          | 135                                              | 8.19           | 175            | 4.88           | 135                                               | 8.86              | 175           | 6.73              |
| 16                                                                     | 20.83          | 56             | 17.81          | 96             | 13.48          | 136                                              | 8.07           | 176            | 4.82           | 136                                               | 8.78              | 176           | 6.70              |
| 17                                                                     | 20.78          | 57             | 17.71          | 97             | 13.35          | 137                                              | 7.96           | 177            | 4.77           | 137                                               | 8.70              | 177           | 6.67              |
| 18                                                                     | 20.72          | 58             | 17.62          | 98             | 13.23          | 138                                              | 7.84           | 178            | 4.71           | 138                                               | 8.62              | 178           | 6.64              |
| 19                                                                     | 20.66          | 59             | 17.53          | 99             | 13.10          | 139                                              | 7.73           | 179            | 4.66           | 139                                               | 8.54              | 179           | 6.61              |
| 20                                                                     | 20.60          | 60             | 17.33          | 100            | 12.98          | 140                                              | 7.62           | 180            | 4.61           | 140                                               | 8.47              | 180           | 6.58              |
| 21                                                                     | 20.54          | 61             | 17.33          | 101            | 12.85          | 141                                              | 7.51           | 181            | 4.56           | 141                                               | 8.39              | 181           | 6.56              |
| 22                                                                     | 20.48          | 62             | 17.24          | 102            | 12.72          | 142                                              | 7.41           | 182            | 4.51           | 142                                               | 8.32              | 182           | 6.53              |
| 23                                                                     | 20.41          | 63             | 17.14          | 103            | 12.59          | 143                                              | 7.30           | 183            | 4.46           | 143                                               | 8.25              | 183           | 6.51              |
| 24                                                                     | 20.35          | 64             | 17.04          | 104            | 12.47          | 144                                              | 7.20           | 184            | 4.41           | 144                                               | 8.18              | 184           | 6.49              |
| 25                                                                     | 20.28          | 65             | 16.94          | 105            | 12.33          | 145                                              | 7.10           | 185            | 4.36           | 145                                               | 8.12              | 185           | 6.46              |
| 26                                                                     | 20.22          | 66             | 16.84          | 106            | 12.20          | 146                                              | 7.01           | 186            | 4.32           | 146                                               | 8.05              | 186           | 6.44              |
| 27                                                                     | 20.15          | 67             | 16.74          | 107            | 12.07          | 147                                              | 6.91           | 187            | 4.27           | 147                                               | 7.99              | 187           | 6.42              |
| 28                                                                     | 20.08          | 68             | 16.64          | 108            | 11.94          | 148                                              | 6.82           | 188            | 4.23           | 148                                               | 7.93              | 188           | 6.40              |
| 29                                                                     | 20.01          | 69             | 16.53          | 109            | 11.81          | 149                                              | 6.73           | 189            | 4.18           | 149                                               | 7.87              | 189           | 6.38              |
| 30                                                                     | 19.94          | 70             | 16.43          | 110            | 11.67          | 150                                              | 6.64           | 190            | 4.14           | 150                                               | 7.81              | 190           | 6.36              |
| 31                                                                     | 19.87          | 71             | 16.33          | 111            | 11.54          | 151                                              | 6.55           | 191            | 4.09           | 151                                               | 7.75              | 191           | 6.35              |
| 32                                                                     | 19.80          | 72             | 16.22          | 112            | 11.40          | 152                                              | 6.46           | 192            | 4.05           | 152                                               | 7.69              | 192           | 6.33              |
| 33                                                                     | 19.73          | 73             | 16.12          | 113            | 11.26          | 153                                              | 6.38           | 193            | 4.01           | 153                                               | 7.64              | 193           | 6.31              |
| 34                                                                     | 19.65          | 74             | 16.01          | 114            | 11.13          | 154                                              | 6.30           | 194            | 3.97           | 154                                               | 7.59              | 194           | 6.30              |
| 35                                                                     | 19.58          | 75             | 15.90          | 115            | 10.99          | 155                                              | 6.22           | 195            | 3.93           | 155                                               | 7.53              | 195           | 6.28              |
| 36                                                                     | 19.50          | 76             | 15.79          | 116            | 10.85          | 156                                              | 6.14           | 196            | 3.89           | 156                                               | 7.48              | 196           | 6.27              |
| 37                                                                     | 19.42          | 77             | 15.69          | 117            | 10.71          | 157                                              | 6.06           | 197            | 3.85           | 157                                               | 7.43              | 197           | 6.26              |
| 38                                                                     | 19.35          | 78             | 15.58          | 118            | 10.57          | 158                                              | 5.98           | 198            | 3.81           | 158                                               | 7.39              | 198           | 6.24              |
| 39                                                                     | 19.27          | 79             | 15.47          | 119            | 10.43          | 159                                              | 5.91           | 199            | 3.77           | 159                                               | 7.34              | 199           | 6.23              |
| 40                                                                     | 19.19          | 80             | 15.36          | 120            | 10.28          | 160                                              | 5.83           | 200            | 3.73           | 160                                               | 7.29              | 200           | 6.22              |

\* K tomado como 1.0 para miembros secundarios