



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL  
ENCINÓN, EL NARANJO Y CASERÍO EL NARANJITO Y CENTRO DE  
CAPACITACIÓN PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**

**Carlos Iván Herrera Monterroso**

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL  
ENCINÓN, EL NARANJO Y CASERÍO EL NARANJITO Y CENTRO DE  
CAPACITACIÓN PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos    |
| VOCAL I    | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II   | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  |
| VOCAL III  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV   | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz       |
| VOCAL V    | Br. Sergio Alejandro Donis Soto     |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez     |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |   |
|------------|---|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos        |
| EXAMINADOR | Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco      |
| EXAMINADOR | Ing. Silvio José Rodríguez Serrano      |
| EXAMINADOR | Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez         |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL ENCINÓN, EL NARANJO Y CASERÍO EL NARANJITO Y CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 8 de agosto de 2012.



**Carlos Iván Herrera Monterroso**



Guatemala, 15 de enero de 2013  
Ref.EPS.DOC.31.01.13

Inga. Sigríd Alitza Calderón de León  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Iván Herrera Monterroso** con carné No. **200818917**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL ENGINÓN, EL NARANJO Y CASERÍO EL NARANJITO Y CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Asesor Supervisor de EPS

Unidad de San Carlos de Guatemala  
Área de Ingeniería Civil

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo  
MAAO/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
24 de enero de 2013

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

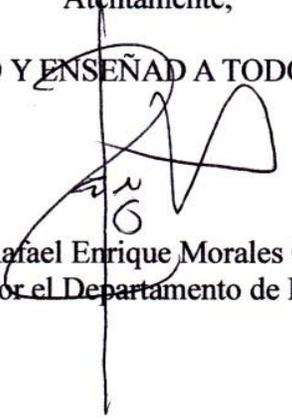
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL ENCIÓN, EL NARANJO Y CASERÍO EL NARANJITO Y CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Iván Herrera Monterroso, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
4 de marzo de 2013

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL ENCINÓN, EL NARANJO Y CASERÍO EL NARANJITO Y CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Iván Herrera Monterroso, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 08 de marzo de 2013  
Ref.EPS.D.194.03.13

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL ENCINÓN, EL NARANJO Y CASERÍO EL NARANJITO Y CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Iván Herrera Monterroso**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"



*Aliza Calderón de León*  
Aliza Calderón de León De de León  
Directora Unidad de EPS

SACdL/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigríd Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Iván Herrera Monterroso, titulado DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL ENCINÓN, EL NARANJO Y CASERÍO EL NARANJITO Y CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2013

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL ENCIÓN, EL NARANJO Y CASERIO EL NARANJITO Y CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Iván Herrera Monterroso**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, abril de 2013

## **ACTO QUE DEDICO A:**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Dios</b>                   | Quien me ha dado la vida y me ha guiado durante mi caminar.  |
| <b>Virgen María</b>           | Por tomarme de la mano y acompañarme siempre.  |
| <b>Mis padres</b>             | Carlos Iván Herrera Porras y Alma Argentina Monterroso Aguilar, por ser mi guía e inspiración a seguir adelante. |
| <b>Mis hermanas</b>           | Por el cariño y por el apoyo que me han brindado incondicionalmente.   |
| <b>Mi sobrina</b>             | Sofía Alejandra, que con su cariño y amor ha cambiado mi vida.   |
| <b>Mi abuela</b>              | Rafaela Aguilar (q.e.p.d) por su sacrificio y trabajo incansable, siempre estás en mi memoria.                   |
| <b>Mis amigos</b>             | Por compartir su amistad y apoyarme a lo largo de estos años.  |
| <b>Facultad de Ingeniería</b> | Que me permitió estar en sus aulas para instruirme.  |

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|  |  |
|--|--|
| <b>Dios</b>  | Por la oportunidad que me da de vivir y hacer realidad un sueño.   |
| <b>Mis padres</b>  | Por brindarme su apoyo incondicional en todo momento y saber guiarme por el camino de la vida con sus sabios consejos.   |
| <b>Toda mi familia</b>                                   | Por su aprecio y el apoyo que siempre me han manifestado.  |
| <b>Mis compañeros y amigos</b>                           | Por compartir momentos inolvidables, forjando nuestra vida hacía el éxito en especial a Marco Antonio Guamuch, Gimy Siney, Ricardo López, Ricardo Dardón, Luis Rosales, Randy López. |
| <b>Ing. Alfredo Arrivillaga</b>                          | Por su amistad, asesoría y apoyo incondicional.  |
| <b>Inga. Crista Classon</b>                              | Por su apoyo incondicional durante la realización de este trabajo de graduación.   |
| <b>Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería</b> | Por los conocimientos adquiridos en sus instalaciones.   |

## ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....   | VII  |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....  | XI   |
| GLOSARIO .....   | XIII |
| RESUMEN.....   | XVII |
| OBJETIVOS.....   | XIX  |
| INTRODUCCIÓN .....   | XXI  |
| <br>   |      |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....   | 1    |
| 1.1. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e<br>infraestructura..... | 1    |
| 1.1.1. Antecedentes.....   | 1    |
| 1.1.2. Economía y producción .....   | 2    |
| 1.1.3. Ubicación y localización.....   | 2    |
| 1.1.4. Servicio de agua potable .....  | 3    |
| 1.1.5. Servicios sanitarios.....   | 3    |
| 1.1.6. Población .....   | 3    |
| 1.1.7. Vivienda.....   | 4    |
| 1.1.8. Educación.....  | 4    |
| 1.1.9. Salud .....   | 5    |
| 1.1.10. Mortalidad.....  | 5    |
| 1.1.11. Clima .....  | 5    |
| 1.1.12. Análisis y priorización de necesidades .....                               | 6    |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 2.       | FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....   | 7  |
| 2.1.     | Diseño del alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón,<br>El Naranjo y caserío El Naranjito para Santa Cruz Naranjo<br>Santa Rosa ..... | 7  |
| 2.1.1.   | Descripción general del proyecto .....   | 7  |
| 2.1.2.   | Levantamiento topográfico .....  | 7  |
| 2.1.2.1. | Altimetría .....   | 8  |
| 2.1.2.2. | Planimetría .....  | 8  |
| 2.1.3.   | Localización de la descarga .....  | 8  |
| 2.1.4.   | Período de diseño .....  | 8  |
| 2.1.5.   | Parámetros de diseño del sistema .....   | 9  |
| 2.1.5.1. | Población futura .....   | 9  |
| 2.1.5.2. | Factor de retorno .....  | 10 |
| 2.1.5.3. | Consumo de agua (dotación) .....   | 11 |
| 2.1.6.   | Determinación del caudal sanitario .....   | 11 |
| 2.1.6.1. | Caudal domiciliar .....  | 12 |
| 2.1.6.2. | Caudal comercial e industrial .....  | 13 |
| 2.1.6.3. | Caudal de infiltración .....   | 13 |
| 2.1.6.4. | Cálculo de conexiones ilícitas .....   | 13 |
| 2.1.6.5. | Cálculo de caudal sanitario .....  | 14 |
| 2.1.7.   | Factor de caudal medio .....   | 14 |
| 2.1.8.   | Factor de flujo instantáneo .....  | 15 |
| 2.1.9.   | Determinación del caudal de diseño .....   | 15 |
| 2.1.10.  | Diseño de secciones y pendientes .....   | 16 |
| 2.1.11.  | Diámetros de tubería .....   | 17 |
| 2.1.12.  | Selección del tipo de tubería .....  | 17 |
| 2.1.13.  | Velocidades recomendadas .....   | 17 |
| 2.1.14.  | Profundidades mínimas de tubería.....  | 18 |
| 2.1.15.  | Ancho de zanja.....  | 19 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.1.16. | Volumen de excavación.....  | 20 |
| 2.1.17. | Pozos de visita.....  | 20 |
| 2.1.18. | Conexiones domiciliarias.....   | 21 |
| 2.1.19. | Caja de registro o candela domiciliar.....  | 21 |
| 2.1.20. | Cotas Invert .....  | 22 |
| 2.1.21. | Relaciones hidráulicas.....   | 24 |
| 2.1.22. | Procedimiento de diseño hidráulico .....  | 25 |
|         | 2.1.22.1. Diseño de la red de alcantarillado.....                                     | 26 |
|         | 2.1.22.2. Tablas de diseño alcantarillado .....                                       | 31 |
| 2.1.23. | Desfogue .....  | 31 |
| 2.1.24. | Propuesta de tratamiento .....  | 31 |
|         | 2.1.24.1. Diseño de fosa séptica .....  | 32 |
| 2.1.25. | Evaluación de Impacto Ambiental.....  | 34 |
|         | 2.1.25.1. Identificación de Impacto Ambiental ....                                    | 35 |
|         | 2.1.25.2. Impactos directos sobre la población<br>por la ejecución del proyecto ..... | 36 |
| 2.1.26. | Mitigación de impactos .....  | 36 |
| 2.1.27. | Presupuesto.....  | 37 |
| 2.1.28. | Cronograma.....   | 39 |
| 2.1.29. | Evaluación socioeconómico.....  | 40 |
|         | 2.1.29.1. Valor Presente Neto (VPN).....  | 40 |
|         | 2.1.29.2. Tasa Interna de Retorno (TIR).....  | 43 |
| 2.2.    | Diseño del Centro de Capacitación para Santa Cruz<br>Naranjo, Santa Rosa .....        | 44 |
| 2.2.1.  | Infraestructura requerida para el Centro<br>de Capacitación.....                      | 44 |
| 2.2.2.  | Investigación preliminar .....  | 45 |
|         | 2.2.2.1. Localización del terreno.....  | 45 |
|         | 2.2.2.2. Levantamiento topográfico .....  | 45 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.2.3.   | Estudio de suelo.....                               | 45 |
| 2.2.3.1. | Método de ensayo de compresión triaxial.....        | 46 |
| 2.2.3.2. | Determinación del valor soporte de suelo.....       | 46 |
| 2.2.3.3. | Ensayo límites de Atterberg .....                   | 48 |
| 2.2.4.   | Normas de diseño de edificios educativos .....      | 49 |
| 2.2.4.1. | Criterios generales .....                           | 49 |
| 2.2.4.2. | Criterios de conjunto .....                         | 50 |
| 2.2.4.3. | Criterios de iluminación .....                      | 51 |
| 2.2.4.4. | Instalaciones .....                                 | 53 |
| 2.2.4.5. | Otros criterios .....                               | 53 |
| 2.2.5.   | Espacios educativos.....                            | 54 |
| 2.2.5.1. | Aula teórica .....                                  | 55 |
| 2.2.5.2. | Predimensionamiento aula teórica .....              | 56 |
| 2.2.6.   | Diseño estructural .....                            | 57 |
| 2.2.6.1. | Diseño arquitectónico.....                          | 57 |
| 2.2.6.2. | Ubicación del edificio en el terreno.....           | 57 |
| 2.2.6.3. | Distribución de ambientes .....                     | 57 |
| 2.2.6.4. | Altura del edificio .....                           | 58 |
| 2.2.7.   | Análisis estructural .....                          | 58 |
| 2.2.8.   | Predimensionamiento de elementos estructurales..... | 59 |
| 2.2.9.   | Integración de cargas.....                          | 64 |
| 2.2.9.1. | Cargas verticales.....                              | 64 |
| 2.2.9.2. | Cargas horizontales .....                           | 70 |
| 2.2.9.3. | Método SEAOC aplicado a la edificación.....         | 71 |
| 2.2.9.4. | Fuerzas por nivel.....                              | 74 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 2.2.9.5.   | Fuerzas por marco.....  | 75  |
| 2.2.10.    | Análisis de marcos dúctiles por paquete de software y comparación por método numérico (Kanni) ..... | 84  |
| 2.2.11.    | Momentos últimos por envolvente de momentos....   | 94  |
| 2.2.12.    | Diagrama de cortes en marcos dúctiles.....  | 98  |
| 2.2.13.    | Diseño de elementos estructurales.....  | 100 |
| 2.2.13.1.  | Diseño de losas .....   | 100 |
| 2.2.13.2.  | Losas del nivel 1 .....   | 100 |
| 2.2.13.3.  | Losas del nivel 2 .....   | 114 |
| 2.2.13.4.  | Diseño de vigas .....   | 115 |
| 2.2.13.5.  | Diseño de columnas .....  | 126 |
| 2.2.13.6.  | Diseño de cimientos .....   | 139 |
| 2.2.13.7.  | Zapatas concéntricas.....   | 140 |
| 2.2.13.8.  | Zapatas excéntricas.....  | 150 |
| 2.2.13.9.  | Zapatas combinadas .....  | 155 |
| 2.2.13.10. | Cimiento corrido.....   | 170 |
| 2.2.13.11. | Diseño de gradas.....   | 171 |
| 2.2.14.    | Instalaciones.....  | 177 |
| 2.2.14.1.  | Instalación eléctrica .....   | 178 |
| 2.2.14.2.  | Instalación hidráulica .....  | 180 |
| 2.2.14.3.  | Instalación sanitaria .....   | 182 |
| 2.2.14.4.  | Instalación pluvial .....   | 183 |
| 2.2.15.    | Elaboración de planos constructivos .....   | 184 |
| 2.2.16.    | Elaboración del presupuesto .....   | 185 |
| 2.2.17.    | Elaboración del cronograma .....  | 187 |
| 2.2.18.    | Evaluación de Impacto Ambiental.....  | 188 |

CONCLUSIONES..... 191  
RECOMENDACIONES ..... 193  
BIBLIOGRAFÍA..... 195  
APÉNDICES..... 197

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 1.  | Ubicación del proyecto.....                                | 2   |
| 2.  | Sección parcialmente llena.....                            | 24  |
| 3.  | Dimensiones de viga propuesta.....                         | 61  |
| 4.  | Planta baja del Centro de Capacitación.....                | 63  |
| 5.  | Elevación marco típico, sentido Y.....                     | 63  |
| 6.  | Elevación marco típico, sentido X.....                     | 64  |
| 7.  | Planta típica áreas tributarias.....                       | 65  |
| 8.  | Cargas aplicadas, marco dúctil típico, sentido Y.....      | 69  |
| 9.  | Cargas aplicadas, marco dúctil típico, sentido X.....      | 70  |
| 10. | Simetría del centro de capacitación.....                   | 76  |
| 11. | Cargas en marco comparación Kanni versus Etabs V.9.2.....  | 84  |
| 12. | Iteración A-B-C-D-E-F-G-H por método Kanni para CM.....    | 90  |
| 13. | Iteración A-B-C-D-E-F-G-H por método Kanni para CV.....    | 91  |
| 14. | Iteración A-B-C-D-E-F-G-H por método Kanni para SISMO..... | 92  |
| 15. | Diagrama de momentos últimos en vigas (kg-m) Eje Y.....    | 96  |
| 16. | Diagrama de momentos últimos en columnas (kg-m) Eje Y..... | 96  |
| 17. | Diagrama de momentos últimos en vigas (kg-m) Eje X.....    | 97  |
| 18. | Diagrama de momentos últimos en columnas (kg-m) Eje X..... | 97  |
| 19. | Diagrama de cortes últimos en vigas (kg-m) Eje Y.....      | 98  |
| 20. | Diagrama de cortes últimos en columnas (kg-m) Eje Y.....   | 98  |
| 21. | Diagrama de cortes últimos en vigas (kg-m) Eje X.....      | 99  |
| 22. | Diagrama de cortes últimos en columnas (kg-m) Eje X.....   | 99  |
| 23. | Planta típica distribución de losas.....                   | 101 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 24. | Planta de momentos actuantes en losas típicas – nivel 1 (sentido Y) ..... | 105 |
| 25. | Planta de momentos actuantes en losas típicas – nivel 1 (sentido X) ..... | 105 |
| 26. | Planta de momentos balanceados primer nivel sentido Y (kg-m) ...          | 108 |
| 27. | Planta de momentos balanceados primer nivel sentido X (kg-m) ...          | 109 |
| 28. | Diagrama de momentos últimos en la viga tipo 2 .....                      | 116 |
| 29. | Diagrama de cortes últimos en la viga tipo 2 .....                        | 116 |
| 30. | Armado viga C-D eje 4, segundo nivel .....                                | 125 |
| 31. | Sección viga C-D eje 4, segundo nivel .....                               | 125 |
| 32. | Sección de columna típica C-1 segundo nivel .....                         | 138 |
| 33. | Sección de columna típica C-1 primer nivel.....                           | 138 |
| 34. | Detalle de armado de columna típica .....                                 | 139 |
| 35. | Detalle de zapata concéntrica.....  | 141 |
| 36. | Dimensiones de zapata tipo 1 .....  | 143 |
| 37. | Corte simple.....   | 145 |
| 38. | Diagrama esfuerzo corte punzonante.....                                   | 146 |
| 39. | Detalle de armado de zapata tipo 1 .....                                  | 149 |
| 40. | Dimensión de zapata excéntrica.....                                       | 151 |
| 41. | Esfuerzo en el terreno .....  | 152 |
| 42. | Análisis de zapata excéntrica .....                                       | 153 |
| 43. | Detalle de zapata excéntrica .....  | 155 |
| 44. | Sección y fuerzas sobre zapata combinada sentido X .....                  | 156 |
| 45. | Planta de zapata combinada .....  | 157 |
| 46. | Diagrama de cuerpo libre para cimiento combinado.....                     | 159 |
| 47. | Presiones sobre el suelo .....  | 160 |
| 48. | Presión sobre el cimiento .....   | 161 |
| 49. | Presión última sobre el cimiento .....                                    | 162 |
| 50. | Presión última por metro lineal .....                                     | 162 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 51. | Diagrama de corte y momento en zapata combinada..... | 164 |
| 52. | Diagrama de corte y momento en zapata combinada..... | 167 |
| 53. | Diagrama de esfuerzo cortante.....                   | 168 |
| 54. | Diagrama de esfuerzo cortante.....                   | 169 |
| 55. | Detalle de armado zapata combinada.....              | 170 |
| 56. | Detalle armado cimiento corrido .....                | 171 |
| 57. | Dimensiones de gradadas .....                        | 173 |
| 58. | Distribución de cargas y momentos en gradadas .....  | 174 |
| 59. | Elevación de gradadas.....                           | 177 |
| 60. | Ábaco para el cálculo de tubería de agua fría.....   | 181 |

## TABLAS

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| I.    | Viviendas con saneamiento domiciliario .....                  | 3   |
| II.   | Viviendas del municipio.....                                  | 4   |
| III.  | Dotaciones para unidades consumidoras. ....                   | 11  |
| IV.   | Profundidad mínima del colector principal .....               | 19  |
| V.    | Ancho libre de zanja según su profundidad .....               | 19  |
| VI.   | Especificaciones hidráulicas. ....                            | 26  |
| VII.  | Presupuesto del alcantarillado sanitario.....                 | 38  |
| VIII. | Cronograma de ejecución física.....                           | 39  |
| IX.   | Espesores mínimos de vigas y losas .....                      | 60  |
| X.    | Distribución fuerzas por nivel .....                          | 74  |
| XI.   | Cálculo del centro de rigidez Nivel 2 .....                   | 79  |
| XII.  | Fuerza en marco por torsión Nivel 2 .....                     | 80  |
| XIII. | Cálculo del centro de rigidez Nivel 1 .....                   | 81  |
| XIV.  | Fuerza en marco por torsión Nivel 1 .....                     | 82  |
| XV.   | Momentos finales en marco por método de Kanni.....            | 93  |
| XVI.  | Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 1 eje X..... | 113 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| XVII.   | Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 1 eje Y ..... | 114 |
| XVIII.  | Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 2 eje X ..... | 114 |
| XIX.    | Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 2 eje Y ..... | 115 |
| XX.     | Distribución de acero para viga eje Y .....                    | 121 |
| XXI.    | Distribución de acero para viga eje X .....                    | 121 |
| XXII.   | Cálculo de tablero eléctrico .....                             | 179 |
| XXIII.  | Demanda de accesorios para método de Hunter .....              | 180 |
| XXIV.   | Cálculo de unidades mueble .....                               | 182 |
| XXV.    | Resumen de tubería de drenaje .....                            | 183 |
| XXVI.   | Presupuesto del centro de capacitación .....                   | 186 |
| XXVII.  | Cronograma del centro de capacitación .....                    | 187 |
| XXVIII. | Evaluación Impacto Ambiental.....                              | 188 |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>        | <b>Significado</b>                       |
|-----------------------|--|
| <b>Ast</b>            | Área de acero longitudinal en la columna |
| <b>Asmáx</b>          | Área de acero máxima                     |
| <b>Asmin</b>          | Área de acero mínima                     |
| <b>As</b>             | Área de acero requerida por el momento   |
| <b>Az</b>             | Área de la zapata                        |
| <b>Ag</b>             | Área gruesa                              |
| <b>b</b>              | Base de la viga                          |
| <b>qh</b>             | Capacidad soporte del suelo              |
| <b>P't</b>            | Carga axial de trabajo                   |
| <b>Pn</b>             | Carga axial nominal                      |
| <b>Pu'</b>            | Carga axial última de columna            |
| <b>C,M,</b>           | Carga muerta                             |
| <b>C,V,</b>           | Carga viva                               |
| <b>cm<sup>2</sup></b> | Centímetro cuadrado                      |
| <b>c,m,</b>           | Centro de masa                           |
| <b>C,R,</b>           | Centro de rigidez                        |
| <b>c</b>              | Cohesión                                 |
| <b>CIE</b>            | Cota invert de entrada                   |
| <b>CIS</b>            | Cota invert de salida                    |
| <b>D,H,</b>           | Distancia horizontal                     |
| <b>fy</b>             | Esfuerzo de fluencia del acero           |
| <b>e</b>              | Excentricidad                            |
| <b>ed</b>             | Excentricidad de diseño                  |

|                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| <b>Nq,Nc,Ng</b>      | Factores de carga adimensionales    |
| <b>F,C,U,</b>        | Factores de carga última            |
| <b>Fi</b>            | Fuerza sísmica en el nivel “i”      |
| <b>Q</b>             | Índice de estabilidad de piso       |
| <b>kg</b>            | Kilogramo                           |
| <b>m</b>             | Metro                               |
| <b>m<sup>2</sup></b> | Metro cuadrado                      |
| <b>m<sup>3</sup></b> | Metro cúbico                        |
| <b>ml</b>            | Metro lineal                        |
| <b>M't</b>           | Momento de trabajo                  |
| <b>M-</b>            | Momento negativo (Kg-m)             |
| <b>M+</b>            | Momento positivo (Kg-m)             |
| <b>Mu</b>            | Momento último (Kg-m)               |
| <b>NR</b>            | Norma recomendada                   |
| <b>t</b>             | Peralte de la zapata                |
| <b>d</b>             | Peralte efectivo                    |
| <b>n</b>             | Período de diseño (años)            |
| <b>γ</b>             | Peso específico del concreto armado |
| <b>Pf</b>            | Población futura                    |
| <b>Po</b>            | Población inicial                   |
| <b>qmáx</b>          | Presión máxima sobre el suelo       |
| <b>qmin</b>          | Presión mínima sobre el suelo       |
| <b>rec</b>           | Recubrimiento                       |
| <b>f'c</b>           | Resistencia última del concreto     |
| <b>k</b>             | Rigidez                             |
| <b>s</b>             | Separación de estribos              |
| <b>Smáx</b>          | Separación máxima entre estribos    |
| <b>r</b>             | Tasa de crecimiento de la población |

## GLOSARIO

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Alcantarillado</b>          | Sistema que se utiliza para conducir aguas residuales o pluviales.   |
| <b>Análisis estructural</b>    | Procedimiento para determinar los efectos máximos producidos por las cargas mayoradas sobre los elementos estructurales. |
| <b>Área de acero mínima</b>    | Cantidad de acero, determinada para la sección y límite de fluencia.   |
| <b>Área de acero requerida</b> | Cantidad de acero, calculada para resistir el momento actuante en el elemento estructural.                               |
| <b>ACI</b>                     | Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute).  |
| <b>AGIES</b>                   | Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.   |
| <b>ASTM</b>                    | Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).                               |
| <b>Carga muerta</b>            | Peso muerto soportado por un elemento estructural, incluyendo el propio.   |

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Carga viva</b>          | Peso variable dado por el personal, maquinaria móvil, etc., soportado por un elemento estructural.                                       |
| <b>Caudal</b>              | Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo; sus dimensionales son litros por segundo, metros cúbicos por segundo, galones por minuto. |
| <b>Cimiento corrido</b>    | Estructura que sirve para transmitir las cargas del muro al suelo.   |
| <b>Columna</b>             | Elemento estructural que soporta cargas a compresión.  |
| <b>Concreto reforzado</b>  | Concreto que contiene refuerzo por medio de barras de acero.   |
| <b>Cota Invert</b>         | Distancia existente entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel interno de la tubería.   |
| <b>Esfuerzo</b>            | Fuerza por unidad de área.   |
| <b>Estribo</b>             | Armadura empleada para resistir esfuerzos de corte y torsión en un elemento estructural.   |
| <b>Envolvente momentos</b> | Representa el efecto de la superposición de las cargas: muerta, viva, sismo y más si existieran.   |
| <b>Excentricidad</b>       | Es la distancia del centro de masa al centro de rigidez.   |

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Fluencia</b>           | Capacidad del acero de resistir esfuerzos debido a cargas de tensión o compresión, presentando deformaciones uniformes para luego regresar a su estado original luego de la aplicación de carga. |
| <b>INFOM</b>              | Instituto de Fomento Municipal.  |
| <b>Momento</b>            | Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.   |
| <b>Momento resistente</b> | Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de refuerzo.   |
| <b>Peralte efectivo</b>   | Distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo longitudinal.   |
| <b>Pozo de visita</b>     | Estructura complementaria que forma parte de un alcantarillado y tiene como objetivo la inspección y la limpieza al sistema.   |
| <b>Rigidez</b>            | Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.   |
| <b>SEAOC</b>              | Asociación de Ingenieros Estructurales de California (Structural Engineers Association of California).   |

**Sismo**

Temblores producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la tierra.

**Valor soporte**

Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación consta de dos capítulos que contienen el estudio técnico-profesional de dos proyectos, uno de alcantarillado sanitario para las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito y el diseño del Centro de Capacitación, ambos en jurisdicción del municipio de Santa Cruz Naranjo, departamento de Santa Rosa.

El trabajo está dividido en dos fases muy importantes en la primera fase se describe las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa; a partir de estas necesidades y con el apoyo del alcalde, la Dirección Municipal de Planificación (DMP) y de las comunidades se realizó la priorización, para seleccionar los proyectos a desarrollarse en este trabajo de graduación.

La segunda fase contiene el estudio técnico de ambos proyectos, primero el diseño del alcantarillado en donde se describen los conceptos, detallando los cálculos que conlleva el diseño de un proyecto de este tipo; luego el diseño del Centro de Capacitación se presenta de forma similar.

Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones, planos y presupuesto correspondientes para cada proyecto.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito y el Centro de Capacitación para Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura para el municipio.
2. Capacitar a los miembros del comité de vecinos de las aldeas El Encinón y El Naranjo, sobre el mantenimiento del alcantarillado sanitario.
3. Dar apoyo técnico a la municipalidad y comunidades, por medio de los conocimientos obtenidos en la universidad.



## INTRODUCCIÓN

A través del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el municipio de Santa Cruz Naranjo del departamento de Santa Rosa, se presentan los criterios tomados en cuenta para el diseño de los proyectos: alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito y Centro de Capacitación para Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

Cabe mencionar que en el diseño de la red de alcantarillado sanitario, se incluyen: obras de arte, conexiones domiciliarias, propuesta de ubicación de la planta de tratamiento y el punto del desfogue. En el caso del centro de capacitación, se diseñó la estructura física necesaria para el funcionamiento de ésta, haciendo énfasis en el diseño estructural, considerando una estructura de marcos dúctiles, con losas planas de concreto reforzado. Así también, se elaboraron los planos y presupuestos para cada uno de los proyectos.

En la primera parte se realizó la recopilación de información de las necesidades del municipio de Santa Cruz Naranjo, para luego priorizar y escoger las urgentes, esto con la ayuda de entrevistas a los representantes de las comunidades.

En la segunda parte, la fase de servicio técnico profesional se presenta el desarrollo de ambos proyectos, diseñados con el fin de cubrir las necesidades básicas, para mejorar la calidad de vida de los habitantes.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura**

En el diagnóstico se describen los datos relevantes de su ubicación, actividades comerciales y educativas que se desarrollan en dicha comunidad.

### **1.1.1. Antecedentes**

Actualmente existe un alto índice de enfermedades gastrointestinales que afectan principalmente a los niños, los desechos son tirados a flor de tierra en las calles produciendo malos olores, basureros clandestinos, proliferación de insectos, los vecinos desde varios años están gestionando ante diversas instancias la posibilidad de obtener fondos para el diseño y la construcción de un alcantarillado sanitario en las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito.

Un grupo de profesores y padres de familia han venido gestionando la creación de un Centro de Capacitación en el municipio. Para disminuir el mal uso del tiempo por jóvenes que se mantienen en las calles sin ocupación involucrándose en los vicios del alcohol y las drogas. Por tal razón se pretende el diseño del Centro de Capacitación en el casco urbano del municipio.

### 1.1.2. Economía y producción

La principal actividad económica es la agricultura y el cultivo de café que lo demuestra en tiempos de cosecha.

### 1.1.3. Ubicación y localización

La aldea el Naranjo se encuentra a 3 kilómetros del casco urbano de Santa Cruz Naranjo en el kilómetro 63 sobre la carretera que conduce a la cabecera municipal.

Con coordenadas geográficas: latitudes  $14^{\circ}23'06''$  y longitud  $90^{\circ}22'15''$ ; su altura referida sobre el nivel del mar (SNM) es de 1 170 m.

Figura 1. Ubicación del proyecto



Fuente: Fragmento de mapa del IGN escala 1/50 000.

#### **1.1.4. Servicio de agua potable**

De acuerdo a Segeplan en el municipio de Santa Cruz Naranjo, el 15,80% de la población no cuenta con acceso a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable. Además se ha constatado que los servicios de agua no cuentan con un sistema de desinfección de forma sistemática en muchas comunidades, por lo cual no es apta para consumo humano.

#### **1.1.5. Servicios sanitarios**

En el municipio, aproximadamente el 82 por ciento de viviendas cuentan con algún tipo de servicio sanitario y tan sólo el 39,30 por ciento tiene acceso a servicios de saneamiento mejorado (conectados a una red de drenajes, a una fosa séptica o con excusado lavable) (INE 2002<sup>a</sup>). En el casco urbano se cuenta con servicio de drenaje, siendo descargadas las aguas servidas sin ningún tratamiento a los ríos cercanos al casco urbano.

Tabla I. **Viviendas con saneamiento domiciliar**

|  |              |
|--|--------------|
| <b>Total de viviendas</b>                    | <b>2 244</b> |
| Viviendas con servicio de agua potable       | 84,20 %      |
| Viviendas con servicio de saneamiento básico | 39,30 %      |

Fuente: Municipalidad de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

#### **1.1.6. Población**

La población del municipio de Santa Cruz Naranjo se ha ido incrementando a una tasa del 2,80 % anual. Según los datos del XI Censo de

Población y VI de habitación, había 11 241 habitantes en 2002. Para el 2012 se tiene una población de 14 800 habitantes aproximadamente, según proyecciones del INE.

### **1.1.7. Vivienda**

El Área de Salud de Santa Rosa reporta 2 188 viviendas para el 2004, distribuidas en las diferentes comunidades como se presenta en la tabla II.

Tabla II. **Viviendas del municipio**

| <b>Aldeas</b>      | <b>Viviendas</b> | <b>Porcentaje</b> |
|--------------------|------------------|-------------------|
| El Naranjo         | 306              | 13,98             |
| El Encinón         | 115              | 5,26              |
| Don Gregorio       | 259              | 11,83             |
| El Carmen          | 202              | 9,23              |
| Teocinte           | 399              | 18,24             |
| El Bosque          | 165              | 7,54              |
| Santa Cruz Naranjo | 742              | 33,92             |

Fuente: Proyección de viviendas 2004, elaborado por Centro de Salud de Santa Cruz Naranjo.

### **1.1.8. Educación**

En Santa Cruz Naranjo, el sector educación no ha sido una prioridad, por lo que los servicios públicos y privados de educación han sufrido un estancamiento, a tal grado que ni siquiera la cabecera municipal cuenta con estudios a nivel diversificado, se observa una tasa de deserción total de 13,60 por ciento.

### **1.1.9. Salud**

Las enfermedades más comunes, en el municipio están asociadas al manejo inadecuado de los desechos sólidos y la calidad del aire, entre las cuales podemos mencionar: las infecciones respiratorias agudas, enfermedades gastrointestinales, malaria, desnutrición, tétanos y dengue.

### **1.1.10. Mortalidad**

Las principales causas de mortalidad general están determinadas por accidentes cerebro vasculares e infarto agudo de miocardio, que conforman el 60,34 por ciento de casos, y mortalidad infantil el 30,90/1000 niños vivos que se presentaron, según el Centro de Salud en el 2004.

### **1.1.11. Clima**

El clima es variado debido a que su formación geológica presenta diferentes alturas sobre el nivel del mar, el clima predominante es el templado lluvioso. Su altura máxima promedio es de 1 200 metros sobre el nivel del mar.

Según la estación meteorológica Los Esclavos ubicada en el departamento de Santa Rosa (latitud 141 510, longitud 901 642, altitud 737), el promedio de los tres últimos años es:

- Temperatura media 24,50 °C
- Temperatura máxima promedio 31,0 °C
- Temperatura mínima promedio 14,4 °C
- Temperatura máxima absoluta 36,0 °C
- Temperatura mínima absoluta 10,5 °C

- Lluvia 1 769,32 mm
- Días de lluvia 128
- Humedad relativa 80 %
- Velocidad del viento 2,37 km/hora

#### **1.1.12. Análisis y priorización de necesidades**

La priorización de las necesidades se realizó por medio de reuniones con la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa dando como resultado la siguiente lista:

- Alcantarillado de drenajes sanitarios
- Remodelación de escuelas
- Sistema de agua potable
- Pavimentación de calles
- Instalaciones deportivas y recreativas
- Remodelación de instalaciones de municipalidad

Muchas de las soluciones para las necesidades mencionadas anteriormente, ya están siendo planificadas por parte de la municipalidad, respondiendo a las solicitudes de los COCODES. Sin embargo, existen dos proyectos que se encuentran pendientes de un proceso adecuado de planificación: Diseño del alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón y El Naranjo y caserío El Naranjito y Centro de Capacitación para Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito para Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa**

El diseño de un sistema de alcantarillado sanitario cuenta con las siguientes partes:

#### **2.1.1. Descripción general del proyecto**

El proyecto consistirá en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario (red principal de colectores, pozos de visita y conexiones domiciliarias) para las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito, la cual consta de una población actual de 1 960 habitantes.

El sistema de alcantarillado sanitario es un sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas de origen doméstico.

#### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se realizó para localizar la red dentro de las calles, pozos de visita y en general ubicar todos aquellos puntos de relevancia para el proyecto de alcantarillado sanitario.

#### **2.1.2.1. Altimetría**

Esta se realizó por medio de nivelación compuesta, el cual consiste en estimar la diferencia de niveles entre dos puntos.

#### **2.1.2.2. Planimetría**

La planimetría toma en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (base productiva), que se supone, es la superficie media de la tierra y se considera cuando se miden distancias horizontales. La planimetría de nuestro proyecto, se realizó por medio de una poligonal abierta utilizando el método conservación de azimut.

#### **2.1.3. Localización de la descarga**

Se define el concepto lugar de descarga, a cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga del afluente final. La ubicación del lugar destinado a la descarga del sistema de alcantarillado sanitario será en un terreno de gran extensión, sin ningún uso actual ubicado en la zona baja de la comunidad, de tal manera que no dañe ningún tipo de abastecimiento de agua utilizado por los habitantes, por medio de las redes de flujo subterránea (pozos artesanales).

#### **2.1.4. Período de diseño**

El período de diseño es el tiempo que se considera que el sistema funcionará en forma eficiente cumpliendo los parámetros, respecto a los cuales se ha diseñado. El período de diseño se encuentra íntimamente ligado a la vida

económica del proyecto, teniendo en cuenta que normalmente el período de diseño del proyecto será menor a la vida útil del mismo.

En el caso de alcantarillados suele ser de 30 a 40 años, a partir de la fecha de construcción. El período de tiempo se adoptará tomando como parámetros: los recursos económicos con que cuenta la municipalidad, la vida útil de los materiales, Normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

El período de diseño adoptado para el diseño de alcantarillado sanitario fue de 30 años, considerando 2 años adicionales para la gestión respectiva de obtención financiera y el tiempo de ejecución del proyecto, por lo cual el período de diseño será de 32 años.

### **2.1.5. Parámetros de diseño del sistema**

Son aquellos necesarios para diseñar de forma adecuada, la red de alcantarillado a utilizar y las características para su colocación. Con los parámetros de diseño hidráulico se busca optimizar el funcionamiento del alcantarillado sanitario.

#### **2.1.5.1. Población futura**

La determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñar el sistema de alcantarillado es un parámetro básico a considerar, que depende de características sociales, culturales y económicas de sus habitantes, el tamaño del proyecto está íntimamente ligado al crecimiento poblacional.

Para el cálculo de la población futura al final del período de diseño se utilizó el método del incremento geométrico, que se adapta al crecimiento real de la población en análisis:

$$P_f = P_o * (1 + r / 100)^n$$

Donde:

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población inicial del último censo 1 960 habitantes

$r$  = tasa de crecimiento poblacional ( $r = 2,80\%$ )

$n$  = período de diseño = 32 años

$$P_f = P_o * (1 + r / 100)^n = 1960 * (1 + 2,8 / 100)^{32} = 4 740 \text{ habitantes}$$

### **2.1.5.2. Factor de retorno**

El factor de retorno es un coeficiente que tiene en cuenta el hecho de que no toda el agua consumida dentro del domicilio es devuelta al alcantarillado, por razón de sus múltiples usos tales como: riego, lavado de pisos, cocina y otros.

Es por ello que se puede establecer, entonces, que sólo un porcentaje del total de agua consumida es devuelta al alcantarillado.

Este valor estadísticamente puede oscilar entre 0,70 y 0,90 y depende en gran manera de aspectos tales como: clima, costumbres y actividades diarias de la población. El factor de retorno adoptado para nuestro proyecto será de 0,80.

### 2.1.5.3. Consumo de agua potable (dotación)

Es la cantidad de agua que se le debe de asignar a cada unidad consumidora para satisfacer sus necesidades, se expresa en litros por habitante día. Los factores que se consideran para la dotación de agua son: clima, nivel de vida, actividad, productividad, abastecimiento privado y servicios comunales o públicos.

Tabla III. Dotaciones para unidades consumidoras

| Tipo de dotación | Cantidad de dotación      |
|------------------|---------------------------|
| Domiciliar       | 200 a 400 lts/hab/día     |
| Comercial        | 600 a 3 000 lts/com/día   |
| Industrial       | 1 000 a 3 000 lts/ind/día |

Fuente: elaboración propia.

La dotación que se tomó para este proyecto es de 150 lt/hab/día

### 2.1.6. Determinación del caudal sanitario

Previo al diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario, es necesario determinar los distintos caudales que circularán a través de los colectores. Caudal sanitario es la sumatoria de los siguientes aportes: caudal domiciliar, caudal comercial, caudal industrial, caudal de conexiones ilícitas y caudal de infiltración. Representado por:

$$Q_{\text{sanitario}} = q_{\text{domiciliar}} + q_{\text{comercial}} + q_{\text{ind.}} + q_{\text{ilic}} + q_{\text{inf}}$$

### 2.1.6.1. Caudal domiciliar

Es el agua que resulta de utilizar el agua potable en distintos usos domésticos como lavado de utensilios de cocina, lavado de ropa, duchas, inodoros, etc, y que tiene que ser desechada y conducida hacia la red del sistema de alcantarillado.

Este caudal está relacionado con la dotación y se expresa de la siguiente forma:

$$q_{\text{dom}} = \frac{\text{dot.} * \text{No. hab.}}{86400} * \text{F.R.}$$

Donde:

- $q_{\text{dom}}$  = caudal domiciliar (lts/seg)
- dot. = dotación (lts/hab/día)
- No. Hab = número de habitantes por tramo
- F.R. = factor de retorno

$$q_{\text{dom}} = \frac{150 \text{ lts/hab/día} * 4\ 740}{86\ 400} * 0,80 = 6,58 \text{ litros/seg}$$

Se sabe que no todo el 100,00 por ciento de agua potable que ingresa a cada vivienda regresará a las alcantarillas, por razones de uso que se le da a la dotación dentro de la vivienda, considerando que pueda perderse un 20,00 por ciento de la dotación, y tomando en cuenta que el área de influencia del proyecto, cuenta con viviendas que en su mayoría poseen jardines, se consideró un factor de retorno al sistema del 80,00 por ciento.

### **2.1.6.2. Caudal comercial e industrial**

Se definen como la cantidad de aguas negras que desechan el comercio y la industria en la comunidad, la determinación de estos caudales son una función de la dotación dada para estos fines, o por medio de un aforo realizado a la descarga de dichas entidades. Para el proyecto que se está realizando estos caudales son nulos, ya que el aporte de comercios es pequeño y no existe ningún tipo de contribución industrial.

### **2.1.6.3. Caudal de infiltración**

Es el caudal de agua superficial que se infiltra por las paredes del sistema. En este caso el caudal de infiltración es de 0 por utilizar la tubería ASTM F 949.

### **2.1.6.4. Cálculo de conexiones ilícitas**

Este tipo de caudal es producido por las viviendas que, por no contar con un sistema de alcantarillado apropiado para las aguas pluviales, las introducen al sistema de alcantarillado sanitario y se expresa de la siguiente manera:

$$q_{ilic} = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

Donde:

- $q_{ilic}$  = caudal ilícito
- $c$  = coeficiente de escorrentía promedio
- $i$  = intensidad de lluvia (ml/s)
- $A$  = área total tributaria (Ha)

Por no contar con la información necesaria para la utilización del método racional, el caudal de conexiones ilícitas se calculará por medio de los parámetros regulados por las normas del INFOM y éste se puede calcular como un 10 % mínimo del caudal domiciliar.

El INFOM toma la aportación de conexiones ilícitas como el 10 % del caudal doméstico:

$$Q_{c,l} = Q_{dom} * 10 \% = (6,58 \text{ l/s}) * (0,10) = 0,66 \text{ litros/seg.}$$

#### **2.1.6.5. Cálculo de caudal sanitario**

Este caudal es conocido también, como caudal medio diario de aguas residuales, es la suma del caudal domiciliar, caudal comercial, caudal industrial, caudal de conexiones ilícitas y caudal de infiltración.

$$Q_{\text{sanitario}} = q_{\text{domiciliar}} + q_{\text{comercial}} + q_{\text{ind.}} + q_{\text{ilic}} + q_{\text{inf}}$$

$$Q_{\text{sanitario}} = 6,58 \text{ l/s} + 0,66 \text{ l/s} + 0,66 \text{ l/s} = 7,90 \text{ l/s}$$

#### **2.1.7. Factor de caudal medio**

Este factor es el que se utiliza para regular la aportación del caudal en la tubería. Este valor según el INFOM debe estar entre el rango de 0,002 a 0,005 y se expresa de la siguiente forma:

$$F_{qm} = Q_{\text{medio}} \text{ No. Hab}$$

$$F_{qm} = 7,90 \text{ } 4 \text{ } 740 \text{ habitantes} = 0,00166 \text{ (se opta a utilizar } 0,002).$$

### 2.1.8. Factor de flujo instantáneo

Es un factor que ayuda a determinar el caudal máximo que puede fluir por las tuberías. La fórmula del factor de Harmond, es el resultado de pruebas estadísticas que determina la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en un determinado tramo, su valor varía de 1,50 a 4,50, es adimensional y se expresa de la siguiente forma:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{4P - 1000}}{4 + \sqrt{4P - 1000}}$$

Donde:

F.H. = factor de Harmond

P = población acumulada del tramo

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{4 \cdot 740 - 1000}}{4 + \sqrt{4 \cdot 740 - 1000}} = 3,26$$

### 2.1.9. Determinación del caudal de diseño

Es el caudal con que se diseñará cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo con los datos obtenidos e investigados. Este caudal se debe calcular en cada tramo de la red del colector y se expresa de la siguiente forma:

$$Q_{\text{diseño}} = F.H. \cdot F_{\text{qm}} \cdot \text{No. Hab}$$

Donde:

No, hab = número de habitantes futuros

FH = factor de harmond o factor de flujo instantáneo

F<sub>qm</sub> = factor de caudal medio

$$Q_{\text{diseño}} = F.H. * F_{qm} * \text{No. Hab}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 3,26 * 0,002 * 4\ 740 = 30,90 \text{ litros/segundos}$$

#### **2.1.10. Diseño de secciones y pendientes**

Se recomienda que la pendiente utilizada en el diseño sea la pendiente que tenga el terreno natural, de esta forma se evitará el sobre costo por excesiva excavación, siempre y cuando cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles. La forma de determinar la pendiente natural del terreno es la siguiente:

$$S\% = \frac{(CTI - CTF)}{D_o} * 100$$

Donde:

CTI = cota inicial del terreno

CTF = cota final del terreno

Do = distancia horizontal entre cota inicial y cota final.

### **2.1.11. Diámetros de tubería**

Según el INFOM, el diámetro mínimo a colocar en los alcantarillados sanitarios será de 8" para tubos de concreto y de 6" para tubos de PVC, para las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6" en concreto y de 4" para PVC, formando un ángulo de 45 grados en el sentido de la corriente del colector principal. Para el diseño de este proyecto se utilizó en tramos iniciales tubería de 6" de diámetro, cumpliendo con las especificaciones antes mencionadas.

### **2.1.12. Selección del tipo de tubería**

Los alcantarillados sanitarios requieren materiales constituyentes resistentes a diversos estados de presión externa, aunque no requieren una resistencia alta a presión interna, ya que éstas trabajan a sección parcialmente llena, es decir como un canal. Existe diversidad de materiales de tuberías, pero en este medio hay tres tipos de tuberías que destacan:

- Tubería de concreto
- Tubería de policloruro de vinilo (PVC)
- Tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) o (HDPE)

Para este diseño se utiliza tubería PEAD que cumpla con lo establecido en la Norma ASTM F949.

### **2.1.13. Velocidades recomendadas**

Según las normas para el diseño de alcantarillados del INFOM las velocidades deben ser mayores de 0,60 m/seg.

Para evitar la sedimentación y el taponamiento dentro de la tubería; y como máximo de 3,00 m/seg. Para evitar la erosión de las paredes de la tubería a causa de la fricción generada por sobrepasar la velocidad máxima. El fabricante de tuberías PEAD Norma ASTM F-949 sugiere valores entre el rango de 0,40 m/seg. y 5,00 m/seg.

Para calcular la velocidad del flujo dentro de la tubería se determinan los factores de: tipo de tubería, diámetro de la tubería, pendiente de la tubería y utilizar la fórmula de Manning junto con las relaciones hidráulicas.

$$V = \frac{0.03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

- V = velocidad de flujo a sección llena (m/seg)
- D = diámetro de la sección circular (pulgadas)
- S = porcentaje de pendiente del canal (m/m)
- n = coeficiente de rugosidad

#### **2.1.14. Profundidades mínimas de tubería**

La profundidad del colector principal debe de ser tal que evite rupturas por el tránsito que circulará sobre el mismo, que permita el cien por ciento de las conexiones domiciliarias, que ofrezca protección de climas extremos y que no tenga dificultades constructivas.

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la misma, en cualquier punto, para tubería de PVC será determinada de la siguiente manera:

Tabla IV. **Profundidad mínima del colector principal**

| <b>Diámetro</b> | <b>8"</b> | <b>10"</b> | <b>12"</b> | <b>16"</b> | <b>18"</b> | <b>21"</b> | <b>24"</b> | <b>30"</b> | <b>36"</b> | <b>42"</b> |
|-----------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Tráfico Normal  | 1,22      | 1,28       | 1,33       | 1,41       | 1,50       | 1,58       | 1,66       | 1,84       | 1,99       | 2,14       |
| Tráfico Pesado  | 1,42      | 1,48       | 1,51       | 1,53       | 1,70       | 1,78       | 1,86       | 2,04       | 2,19       | 2,34       |

Fuente: tubo vinil, S.A. Norma ASTM 3034, tubería PVC para alcantarillado sanitario, p 9.

### 2.1.15. Ancho de zanja

El ancho de la zanja está relacionado por el diámetro de la tubería y la profundidad a la que se debe colocar. A continuación se presenta una tabla con anchos de zanjas recomendados para distintos diámetros y profundidades.

La zanja deberá ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de la tubería, se presentan los anchos mínimos de zanja recomendados para suelos estables.

Tabla V. **Ancho libre de zanja según su profundidad**

| <b>Diámetro nominal</b> | <b>No. Diámetro</b> | <b>Pulg.</b> | <b>CMS.</b> |
|-------------------------|---------------------|--------------|-------------|
| 8"                      | 4,30                | 36           | 91,50       |
| 10"                     | 4,00                | 42           | 106,50      |
| 12"                     | 3,40                | 42           | 106,50      |

Fuente: tubo vinil, S.A. Norma ASTM 3034 tubería PVC para alcantarillado sanitario. p 10.

### 2.1.16. Volumen de excavación

Para poder colocar la tubería del colector se necesita extraer un volumen de suelo el cual se calcula a partir de la profundidad de los pozos de visita del tramo en cuestión y el ancho de la zanja

$$\text{Vol} = \frac{(H_1 + H_2)}{2} * d * A_z$$

Donde:

- Vol = volumen de excavación (m<sup>3</sup>)
- H<sub>1</sub> = profundidad del primer pozo de visita (m)
- H<sub>2</sub> = profundidad del segundo pozo de visita (m)
- d = distancia entre pozos (m)
- A<sub>z</sub> = ancho de la zanja (m)

### 2.1.17. Pozos de visita

Los pozos de visita o cámaras de inspección son estructuras cilíndricas cuya unión a la superficie se hace en forma tronco-cónica.

El diámetro del cilindro es generalmente de 1,20 metros y en la superficie tiene una tapadera de diámetro igual a 0,60 metros. Adicionalmente en la base del cilindro se localiza la cañuela, la cual es la encargada de hacer la transición entre un colector y otro, la cual será construida de concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>. La tapadera tiene como fin permitir la realización de las labores de limpieza y mantenimiento general de las tuberías, así como proveer al sistema de una adecuada ventilación.

Según las Normas para la construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- Inicio de cualquier ramal
- Intersección de dos o más tuberías
- Cambio de diámetro de tubería
- Cambio de pendiente de tubería
- Cambio de dirección horizontal
- Tramos no mayores de 100 metros línea recta diámetros hasta 24”
- Para profundizar la tubería cuando no cumple la profundidad mínima

#### **2.1.18. Conexiones domiciliarias**

Una conexión domiciliar tienen la finalidad de recibir las aguas provenientes de cada casa o edificio y llevarlas al colector central. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado, o en cada lugar donde haya que conectar un drenaje doméstico.

#### **2.1.19. Caja de registro o candela domiciliar**

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 cm. Si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas; éstos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones. El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente, para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al sistema de alcantarillado central. La altura mínima de la candela será de un metro.

### 2.1.20. Cotas Invert

Se denomina cota Invert a la distancia existente entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interno de la tubería, debe verificarse que la cota Invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Para calcularlas, se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos, deben seguirse las siguientes reglas para el cálculo de las cotas Invert:

- La cota Invert de salida de un pozo, se coloca tres centímetros debajo de la cota Invert de entrada del mismo pozo.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo es menor que el diámetro de la tubería que sale, la cota Invert de salida estará al menos a una altura igual a la diferencia de los diámetros, más baja que la cota Invert de entrada.

Las cotas Invert de los puntos de entrada y salida de la tubería del alcantarillado, deben calcularse de la siguiente manera:

- Cota Invert de salida
  - Para los tramos iniciales en la red se obtiene restando la cota del terreno menos la altura interna del pozo.

$$CI = CTI - (H_{min} + \emptyset \text{ tubo})$$

Donde:

- CI = cota Invert (m)
- CTI = cota Invert inicial (m)
- Hmin = altura mínima (m)
- Ø tubo = distancia entre pozos (m)

- Para los tramos siguientes se obtiene restando 3 centímetros a la cota Invert de entrada al pozo del tramo anterior.

$$CIS = CIE - 0,03 \text{ m}$$

Donde:

- CIS = cota Invert de salida (m)
- CIE = cota Invert de entrada (m)

- Cota Invert de entrada
  - Es la cota final del tramo del tramo en diseño se obtiene al multiplicar a través de la siguiente expresión:

$$CIE = CIS - (D.H. \cdot \%S_{\text{tubo}})$$

Donde:

- CIS = cota Invert de salida del pozo anterior
- D.H. = distancia horizontal entre pozos de visita
- CIE = cota Invert de entrada (m)
- $\%S_{\text{tubo}}$  = pendiente de la tubería con respecto al terreno

### 2.1.21. Relaciones hidráulicas

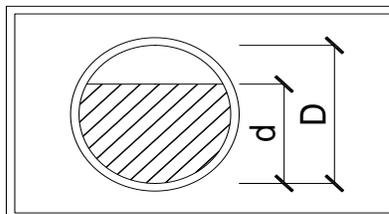
Las relaciones hidráulicas sirven para agilizar los cálculos de velocidad, área, caudal y radio hidráulico de las tuberías a sección parcialmente llena, esta se realiza mediante la relación de los caudales de sección llena y el caudal de diseño dando como resultado un valor, luego se busca el mismo valor o uno aproximado en las tablas de elementos hidráulicos de sección transversal circular, posteriormente se verifican las otras relaciones ( $v/V$ ,  $d/D$  y  $a/A$ ), con las obtenidas de sección llena para obtener las de sección parcialmente llena, por ultimo corroborar si están dentro de los límites permitidos.

Las relaciones de diámetros y caudales, que se deben considerar en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario son: la relación  $d/D$  debe de ser mayor o igual a 0,10 y menor o igual a 0,75, y el caudal de diseño tiene que ser menor al caudal a sección llena en el colector, tomando en cuenta que estas relaciones se aplicarán solo para sistemas de alcantarillado sanitario.

$$\text{Relación de diámetro: } 0,10 \leq \frac{d}{D} \leq 0,75$$

$$\text{Relación de caudal: } Q_{\text{diseño}} < Q_{\text{sección llena}}$$

Figura 2. **Sección parcialmente llena**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.1.22. Procedimiento de diseño hidráulico

- Determinar el caudal de diseño ( $Q_{dis}$ ) y la pendiente natural del terreno (utilizando esta pendiente como primera aproximación de la pendiente del colector).
- Asumir que el diámetro de la tubería (utilizar como valor de arranque el diámetro mínimo).
- Determinar el valor de la velocidad a sección llena por medio de las ecuaciones ya establecidas de Manning.
- Luego se procederá a obtener la relación de caudales ( $q/Q$ ), (donde  $q$  es el caudal de diseño dividido entre  $Q$  que es el caudal a sección llena).
- El resultado obtenido se busca en las tablas de relaciones hidráulicas ya tabuladas, o se interpola en la curva de elementos hidráulicos de sección circular, donde se podrá encontrar las relaciones ( $v/V$ ) y ( $d/D$ ).

Despejar de la relación  $v/V$ , la velocidad a sección parcialmente llena ( $v$ ) y compararla con los límites que establecen los códigos de diseño sobre velocidades máximas y mínimas. Comparar el valor obtenido de la relación de tirantes ( $d/D$ ) con los límites asociados por las normas de diseño.

Tabla VI. **Especificaciones hidráulicas**

|                 | <b>Alcantarillado sanitario</b>              |
|-----------------|--|
| Caudal          | $Q_{dis} < Q_{sec. \text{ llena}}$           |
| Velocidad       | $0,40 \text{ m/s} < v < 4 \text{ m/s}$ (PVC) |
| Tirante         | $0,10 \leq d/D \leq 0,75$                    |
| Diámetro mínimo | 6 pulgadas (ADS)                             |

Fuente: Cabrera Riepele, Ricardo Antonio. Apuntes de ingeniería sanitaria 2.

- Si el dato obtenido de velocidad mínima no cumple con el límite mínimo establecidos por las normas (0,40 m/s), se deberá aumentar la pendiente del colector con respecto a la del terreno. Por el contrario si la velocidad excede el valor límite (4,00 m/s), se deberá disminuir la pendiente del colector con respecto del terreno.

### **2.1.22.1. Diseño de la red de alcantarillado**

El diseño de la red de alcantarillado sanitario, se realizó de acuerdo a las normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM). El proyecto beneficiará al 100 por ciento de la población actual de las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito. El diseño se realizó en el programa Autocad Civil 3D 2012, a dicho programa se le ingresaron los datos conseguidos del levantamiento topográfico obteniendo los perfiles de toda la red del proyecto.

A continuación se desarrollará el diseño completo de un tramo del sistema de alcantarillado sanitario tomando en cuenta los siguientes datos:

- Tramo del PV37 a PV38

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Tipo de sistema         | Alcantarillado sanitario                        |
| Periodo de diseño       | 32 años   |
| Viviendas actuales      | 138   |
| Densidad de vivienda    | 6 habitantes/vivienda                           |
| Población actual        | 828 habitantes                                  |
| Tasa de crecimiento     | 2,80 %  |
| Población futura        | 2 003 habitantes                                |
| Dotación                | 150 lts/hab/día                                 |
| Factor de retorno       | 80,00 %   |
| Velocidad de diseño     | $0,60 \text{ m/s} \leq V \leq 3,00 \text{ m/s}$ |
| Cota inicial de terreno | 969,19 m  |
| Cota final de terreno   | 871,10 m  |
| Distancia horizontal    | 43,40 m   |

- Conexión domiciliar

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Tipo y diámetro de la tubería | ADS norma ASTM F 949 Ø 4" n = 0,010<br>Candela tubo de concreto Ø 12" con base y tapadera de concreto armado con una pendiente de 2 % a 6 %. |
|-------------------------------|--|

- Cálculo población futura

$$P_f = 828 * (1 + 2,80 / 100)^{32} = 2\ 003 \text{ habitantes}$$

- Cálculo caudal medio

$$q_{\text{dom}} = \frac{150 \cdot 2\,003}{86\,400} \cdot 0,80 = 2,78 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{ilic}} = 0,10 \cdot 2,78 = 0,27 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{inf}} = 0 \text{ l/s} = \text{tubería PEAD}$$

$$Q_{\text{medio}} = 2,78 + 0,27 + 0 = 3,05 \text{ l/s}$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{\text{c.i.}} = Q_{\text{dom}} \cdot 10\% = (2,78 \text{ l/s}) \cdot (0,10) = 0,27 \text{ litros/seg}$$

- Caudal de infiltración

Por utilizar tubería de PEAD el caudal de infiltración es cero.

- Caudal sanitario

$$Q_{\text{sanitario}} = Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{c.i.}} + Q_{\text{inf.}} = 2,78 \text{ l/s} + 0,27 \text{ l/s} + 0 \text{ l/s} = 3,05 \text{ l/s}$$

- Factor de caudal medio

$$F_{\text{qm}} = Q_{\text{medio}} \text{ No. Hab} = 3,05 \text{ l/s} \cdot 2\,003 \text{ hab} = 0,00152$$

(Se usará 0,002).

- Cálculo factor de Harmond

$$F.H. = \frac{18+^2 \sqrt{2\ 003\ 1000}}{4+^2 \sqrt{2\ 003\ 1000}} = 3,58$$

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{diseño}} = 3,58 * 0,002 * 2\ 003 = 14,34 \text{ l/s}$$

- Pendiente natural del terreno

Cota terreno P.V.37 = 871,10

Cota terreno P.V.38 = 869,19

Longitud del tramo = 43,40 metros

$$\%S_{\text{terreno}} = \frac{871,10 - 869,19}{43,40} * 100 = 4,40 \%$$

- Diseño hidráulico

Tubería = PEAD

Øtubería = 12" (diámetro asumido de tubería)

S% = 4,40 %

n = 0,010 (coeficiente de rugosidad de Manning)

- Determinación de la velocidad a sección llena

$$V_{\text{sección llena}} = \frac{0,03429}{0,01} * 12^2 * 0,044^1 = 3,77 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$A_{\text{sección llena}} = 5,067 * 10^{-4} * D^2$$

$$A_{\text{sección llena}} = 5,067 * 10^{-4} * 12^2 = 0,072 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{sección llena}} = A_{\text{sección llena}} * V_{\text{sección llena}} * 1\,000$$

$$Q_{\text{sección llena}} = 0,072 * 3,77 * 1\,000 = 271,44 \text{ l/s}$$

- Cálculo de relaciones hidráulicas

$$Q_{\text{diseño}} / Q_{\text{sección llena}} = 14,34 / 271,44 = 0,0528$$

$$v_{\text{diseño}} / V_{\text{sección llena}} = 0,46 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{diseño}} = 3,77 * 0,46 = 1,73 \text{ m/s}$$

$$d_{\text{diseño}} / D_{\text{sección llena}} = 0,12$$

- Revisión de parámetros hidráulicos

|  |  |        |
|--|--|--------|
| Caudales $Q_{\text{diseño}} < Q_{\text{sección llena}}$          | $14,34 \text{ l/s} < 271,44 \text{ l/s}$ | Cumple |
| Velocidad $0,60 \leq v_{\text{diseño}} \leq 3,00 \text{ en m/s}$ | $0,40 \leq 1,73 \leq 5,00$               | Cumple |
| Diámetros $0,10 \leq d/D \leq 0,75$                              | $0,10 \leq 0,12 \leq 0,75$               | Cumple |

- Cota invert entrada PV-38

$$\text{CIE 38} = \text{Cis 37} - (D_o * (S\%/100))$$

$$\text{CIE 38} = 871,10 - (43,40 * (3,15/100)) = 869,73 \text{ metros}$$

Cota Invert de salida del P.V.38

$$\text{CIS} = \text{CIE} - 0,03 \text{ m} = 869,73 - 0,03 \text{ m} = 869,70 \text{ metros}$$

- Altura del pozo PV 38

$$HP = C.T. - CIS = 871,10 - 869,70 = 1,40 \text{ metros}$$

- Volumen de excavación:

$$Vol = \frac{(H_1 + H_2)}{2} * d * A_z = \frac{(1,40 + 1,43)}{2} * 43,30 * 1 = 61,41 \text{m}^3$$

#### **2.1.22.2. Tablas de diseño alcantarillado**

Los resultados obtenidos en el diseño hidráulico, para todo el sistema de alcantarillado sanitario, se muestran en el apéndice A.

#### **2.1.23. Desfogue**

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), establece que todo sistema de alcantarillado sanitario debe poseer un tratamiento antes de la descarga final hacia un sistema hídrico natural. Para este proyecto se propone un tratamiento primario, para luego ser desfogadas a un zanjón.

#### **2.1.24. Propuesta de tratamiento**

En Guatemala, las aguas negras procedentes de los sistemas de alcantarillado, en la mayoría de los casos se descargan en corrientes naturales.

A pesar de que las aguas negras están constituidas, aproximadamente, por 99 % de agua y 1 % de sólidos, su vertido en una corriente, cambia las características del agua que las recibe.

En esta forma los materiales que se depositan en el lecho impiden el crecimiento de plantas acuáticas; los de naturaleza orgánica se pudren robando oxígeno al agua con producción de malos olores y sabores.

Para cumplir con la legislación vigente, se recomienda la construcción de una planta de tratamiento primario, ya que el objetivo de estas unidades es la remoción de sólidos en suspensión, lo que se puede realizar por procesos físicos como la sedimentación (asentamiento), en los que se logra eliminar en un 40 % a un 60 % de sólidos, al agregar agentes químicos (coagulación y floculación) se eliminan entre un 80 % a un 90 % del total de los sólidos. Otro proceso es la filtración.

Para un tratamiento adecuado previo a la disposición de las aguas negras, hay que tener en cuenta factores como: espacio disponible para las instalaciones, topografía del terreno, costo de la construcción y mantenimiento requerido, para seleccionar las unidades adecuadas a la población.

En la fosa séptica, las materias en suspensión en las aguas negras sufren una sedimentación, la materia orgánica se descompone en sustancias más simples por la acción de las bacterias anaeróbicas, que pueden realizar su metabolismo sin necesidad de oxígeno.

#### **2.1.24.1. Diseño de fosa séptica**

Es una estructura de concreto reforzado o mampostería reforzada, la cual funciona como un depósito de las aguas provenientes del sistema de alcantarillado sanitario, en el que quedan retenidos los sólidos en suspensión orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante el proceso físico de sedimentación, al proporcionar un tiempo adecuado (tiempo de retención).

Para el diseño de la fosa séptica debe tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- El período de retención, mínimo de 12 horas.
- Relación largo-ancho de la fosa L/A; de 2/1 a 4/1
- Lodos acumulados por habitante y por período de limpieza, es de 30 a 60 l/hab/año.

Cálculo de volumen:

|                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| Período de retención         | 24 horas                         |
| Dotación                     | 150 l/hab/d                      |
| Habitantes                   | 1 960 habitantes (325 viviendas) |
| Lodos                        | 30 l/hab/año                     |
| Período de limpieza          | 5 años                           |
| Tiempo de eficiencia inicial | 1 años                           |

El siguiente diseño se realizará para que al primer año la fosa séptica funcione eficientemente, por lo cual se propone que a los 10 años de funcionamiento se deberá realizar una ampliación o una segunda fosa de las mismas dimensiones con un derivador de caudal.

- Caudal aportado

$$Q=150*(0,80)*(1\ 960) \quad Q=235\ 200 \text{ l/d} \quad Q= 235,20 \text{ m}^3/\text{d}$$

- Volumen de lodos

$$VL = 1\ 960 \text{ hab} * 30 \text{ l/hab/año}$$

$$VL = (58\,800\text{ l}) / (1\,000\text{ l / m}^3) = 58,80\text{ m}^3$$

$$VL = 58,80\text{ m}^3 * 1\text{ años} = 58,80\text{ m}^3$$

Se propone un volumen de la fosa con capacidad de  $79,80\text{m}^3$  que equivale a  $3,80 * 10,00 * 2,10\text{m}$  esta fosa trabajara con eficiencia desde su primer año y se debe realizar una limpieza o remover lodos cada 5 años.

### **2.1.25. Evaluación de Impacto Ambiental**

Consideraciones generales de la evaluación de impacto ambiental en el sistema de alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón y El Naranjo y caserío El Naranjito, Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

- Descripción de la evaluación de impacto ambiental

En la evaluación de impacto ambiental del proyecto de alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón y El Naranjo y caserío El Naranjito, se identificaron y valorizaron los impactos (efectos) potenciales del proyecto, acciones normativas a los componentes fisicoquímicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno. Tiene como propósito principal tomar en consideración el medio ambiente en la planificación y en la toma de decisiones, para que en definitiva, acabe definiendo actuaciones que sean más compatibles con el medio ambiente.

### **2.1.25.1. Identificación de Impacto Ambiental**

- Modificación de régimen
  - Alteración de la cubierta del suelo
  - Alteración del drenaje natural
  - Control del río y modificación del caudal
  - Canalización
  - Explanación y pavimentado
  
- Transformación del suelo y construcción
  - Ruido y vibraciones
  - Revestimiento de canales
  
- Extracción de recursos
  - Excavar y rellenar
  - Excavación superficial
  - Excavación bajo superficie y restauración
  
- Renovación de recursos
  - Reforestación
  
- Conservación y gestión de la naturaleza
  - Reciclado de residuos

- Cambios en el tráfico
  - Automotores
  - Señalización
  
- Acumulación y tratamiento de residuos
  - Emisiones de los residuos municipales
  - Fosas sépticas, comerciales y domesticas

#### **2.1.25.2. Impactos directos sobre la población por la ejecución del proyecto**

Introducción de enfermedades por emigración de los trabajadores en la construcción del proyecto.

#### **2.1.26. Mitigación de impactos**

Identificado el impacto ambiental que provocaría la ejecución del proyecto de alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito, se toma la decisión de ejecutarlo, definiendo actuaciones que sean más compatibles y minimizando todos aquellos efectos que son inevitables, pero que se pueden reducir tomando precauciones y planificando las soluciones más viables, que serán de beneficio a la comunidad y a los emigrantes que trabajen en el proyecto.

Para minimizar los efectos ocasionados por la construcción del proyecto de alcantarillado sanitario se deben tomar las precauciones siguientes:

- Ejecutar el proyecto en el menor tiempo posible.
- Trabajar el proyecto en verano.
- Canalizar los drenajes naturales existentes.
- Reparar el pavimento.
- Tratar de disminuir el ruido y las vibraciones.
- Excavar y reacomodar el suelo en áreas que no afecten el paso de peatones en las aldeas.
- En cuanto a la excavación, se debe capacitar al personal que labore en el proyecto.
- Reforestar las áreas dañadas en la construcción del proyecto.
- Señalización vial.
- Capacitar al personal de trabajo y a la población en los impactos que se pueden tener en higiene y salud.

#### **2.1.27. Presupuesto**

El presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario tiene una vigencia de 3 meses en el período de julio a septiembre del 2012.

El presupuesto se elaboró con base en precios unitarios, aplicando un 10 % de imprevistos y 20 % de costos indirectos (en los cuales se incluye administración, supervisión y utilidades).

Los precios de los materiales se obtuvieron mediante cotizaciones en centros de distribución de la región. La mano de obra calificada y no calificada se referenció a precios utilizados por la municipalidad local en proyectos similares.

Tabla VII. **Presupuesto del alcantarillado sanitario**

| <b>SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO</b> |                                    |                |   |                |                       |
|--|------------------------------------|----------------|---|----------------|-----------------------|
| <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>   |                                    |                |   |                |                       |
| <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>              |                                    |                |   |                |                       |
| <b>No.</b>                                 | <b>Descripción del renglón</b>     | <b>Unidad</b>  | <b>Cantidad</b>   | <b>Costo U</b> | <b>Total renglón</b>  |
| 1.0  | Bodega                             | M <sup>2</sup> | 28,00   | Q. 268,10      | Q. 7 506,80           |
| 2.0  | Trazo y estaqueado                 | ML             | 6 475,00  | Q. 10,99       | Q. 71 160,25          |
| 3.0  | Demolición pavimento existente     | ML             | 5 888,00  | Q. 164,91      | Q. 970 990,08         |
| 4.0  | Pozos de visita                    | Unidad         | 156,00  | Q. 3 066,74    | Q. 478 411,44         |
| 5.0  | Conexiones domiciliars             | Unidad         | 437,00  | Q. 1 558,36    | Q. 681 003,32         |
| 6.0  | Colocación de tubería 6"           | ML             | 1 106,50  | Q. 296,23      | Q. 327 778,50         |
| 7.0  | Colocación de tubería 8"           | ML             | 1 456,00  | Q. 365,96      | Q. 523 837,76         |
| 8.0  | Colocación de tubería 10"          | ML             | 2 263,80  | Q. 437,08      | Q. 989 461,70         |
| 9.0  | Colocación de tubería 12"          | ML             | 939,00  | Q. 526,80      | Q. 494 665,20         |
| 10.0                                       | Colocación de tubería 15"          | ML             | 383,20  | Q. 688,22      | Q. 263 725,90         |
| 11.0                                       | Colocación de tubería 18"          | ML             | 326,90  | Q. 999,75      | Q. 326 818,28         |
| 12.0                                       | Pasos por puentes                  | Unidad         | 3,00  | Q. 6 863,52    | Q. 20 590,56          |
| 13.0                                       | Reparación de pavimento            | ML             | 5 888,00  | Q. 153,16      | Q. 901 806,08         |
| 14.0                                       | Propuesta tratamiento fosa séptica | Unidad         | 1,00  | Q.60196,31     | Q. 60 196,31          |
| <b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>            |                                    |                |   |                | <b>Q.6 126 952,18</b> |
| TOTAL EN LETRAS                            |                                    |                | Seis millones ciento veintiséis mil novecientos cincuenta y dos quetzales con noventa y seis centavos |                |                       |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.28. Cronograma

A continuación se presenta el tiempo de ejecución se obtuvieron mediante rendimientos de mano de obra calificada y no calificada.

Tabla VIII. Cronograma de ejecución física

| DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LAS ALDEAS EL ENCINÓN, EL NARANJO Y CASERÍO EL NARANJITO PARA SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |   | CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICA |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|---|---|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|   |   | MES 1                          | MES 2   | MES 3   | MES 4   | MES 5   | MES 6   | MES 7   | MES 8   | MES 9   | MES 10  | MES 11  | MES 12  |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|   |   | SEMANAS                        | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS | SEMANAS |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| RENGLON   | 1 | 2                              | 3       | 4       | 1       | 2       | 3       | 4       | 1       | 2       | 3       | 4       | 1       | 2       | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |  |
| FOSA SEPTICA  |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-94 A PV-99  |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-99 A PV-107   |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-49A A PV-94   |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-92 A PV 133   |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-49A A PV-30   |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-30 A PV-1   |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-49A A PV-78   |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-65 A PV-73  |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-55 A PV-65  |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-65 A PV-78  |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-87 A PV-86  |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV-88 A PV-83  |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| DE PV 109 A PV-133  |   |                                |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.29. Evaluación socioeconómico**

En su mayoría este tipo de proyectos no son un atractivo económico, lo cual lleva a plantear un mecanismo para financiar el proyecto con subsidios, transferencias, impuestos, donaciones, etcétera. Sin embargo, es indispensable realizar un análisis financiero y determinar la viabilidad del proyecto. Para ello se utilizarán los métodos del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno.

#### **2.1.29.1. Valor Presente Neto (VPN)**

El Valor Presente Neto es el valor actual de los flujos de caja netos menos la inversión inicial. Para el presente proyecto se determinó el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima activa, que en el mercado actual es del 11 %. El procedimiento a realizar será:

- Egresos

Costo de ejecución = Q. 6 126 952,18 debido a la característica del proyecto, esta inversión no es recuperable y deberá ser proporcionada por alguna institución, sea o no gubernamental. Para el análisis de VPN, este rubro no se considerará debido a que se analiza si el proyecto es auto sostenible.

|   |             |
|---|-------------|
| Costo de operación y mantenimiento anual (CA) | Q. 5 000,00 |
|---|-------------|

Las manos de obra, los insumos y materiales para mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado sanitario son fijadas cuidadosamente según los estimados de la municipalidad.

$$VP = CA * \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 5\,000,00 * \left[ \frac{(1+0,11)^{30} - 1}{0,11 * (1+0,11)^{30}} \right] = Q. 43\,468,96$$

Mantenimiento y remoción de lodos, quinquenal (CQ) Q. 15 960,00

El servicio de limpieza, mantenimiento y remoción de lodos, en el sistema de tratamiento deberá solicitarse a compañías especializadas, para realizar la actividad cada cinco años; actualmente el costo es de Q. 200,00, por remoción de m<sup>3</sup>. La acumulación de lodos durante éste tiempo es de 79,80 m<sup>3</sup>, ascendiendo a un total de Q. 15 960,00, que será calculado como un costo anual para reserva.

Primer período, luego de transcurridos 5 años.

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} = \frac{15\,960}{(1+0,11)^5} = Q. 9\,471,48$$

Segundo período, luego de transcurridos 10 años.

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} = \frac{15\,960}{(1+0,11)^{10}} = Q. 5\,620,86$$

Tercer período, luego de transcurridos 15 años.

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} = \frac{15\,960}{(1+0,11)^{15}} = Q. 3\,335,70$$

Cuarto período, luego de transcurridos 20 años.

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} = \frac{15\,960}{(1+0,11)^{20}} = Q. 1\,979,58$$

Quinto período, luego de transcurridos 25 años.

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} = \frac{15\,960}{(1+0,11)^{25}} = Q. 1\,174,78$$

Sexto período, luego de transcurridos 30 años.

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} = \frac{15\,960}{(1+0,11)^{30}} = Q. 697,17$$

Total VP de CQ: Q.22 279,57

- Ingresos

Pago de conexión domiciliar (ICD) Q. 109 250,00

Consiste en un pago de Q. 250,00 por la instalación de acometida domiciliar que la municipalidad tiene establecida en el primer año. Éste se convierte a un valor presente por medio del factor de pago único valor presente, de la siguiente manera:

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} = \frac{109\,250,00}{(1+0,11)^1} = Q. 109\,250,00$$

Tarifa poblacional anual (IA) = Q. 10,00/vivienda\*437 vivienda\*12 meses

$$IA = Q. 52 440,00$$

Tarifa poblacional

$$VP = IA * \frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} = 52 440 * \frac{(1 + 0,11)^{30} - 1}{0,11 * (1 + 0,11)^{30}} = Q. 455 554,73$$

El Valor Presente Neto estará dado por la sumatorias de ingresos menos los egresos que se realizaron durante el período de funcionamiento del sistema.

VPN = ingresos – egresos

$$VPN = Q. 455 554,73 - Q. 109 250,00 - Q. 43 468,96 - Q. 45 229,26$$

$$VPN = Q. 66 107,51$$

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitan durante el período de funcionamiento. Además, se dispondrá de una cantidad de dinero adicional para gastos imprevistos para el manejo del sistema de alcantarillado sanitario.

### 2.1.29.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se define como la tasa de interés donde la persona que va a invertir tiene equilibrio, es decir, que los ingresos y egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión. Si se usa con valor presente es la tasa donde el valor presente es igual a cero  $VP = 0$ .

Para este proyecto, por ser de carácter social, no se contempla algún tipo de utilidad, por lo que no se puede calcular la TIR, mediante ninguna fórmula.

$$\text{Costo} = \text{Inversión inicial} - \text{VPN}$$

$$= \text{Q. } 5\,698\,984.42 - \text{Q. } 109\,250.00 = \text{Q. } 5\,589\,734.42$$

Beneficio=No. de habitantes beneficiados (a futuro)

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{\text{Q } 6\,126\,952.18}{4\,470 \text{ Hab}} = \text{Q. } 1\,370.68 / \text{Hab}$$

## **2.2. Diseño del centro de capacitación para Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.**

El diseño de una edificación mediante el sistema de marcos dúctiles con nudos rígidos para el centro de capacitación tiene el proceso que se describe a continuación.

### **2.2.1. Infraestructura requerida para el Centro de Capacitación**

El proyecto consistirá en diseñar un centro de capacitación de dos niveles, el edificio contará con los siguientes ambientes: 4 talleres, una oficina administrativa, 5 salones de clases, un laboratorio de computación, un módulo de baños sanitario, tomando en cuenta el factor económico. Las medidas de las aulas serán de 8,00 metros de largo por 6,00 metros de ancho.

La edificación se realizará a un costado del campo de futbol; lugar alejado de ruidos, malos olores y otros inconvenientes, por lo que es óptimo para la construcción del centro de capacitación.

Dicho centro de capacitación tiene como principal objetivo proporcionar la infraestructura adecuada, acorde a las necesidades que demanda el proceso de enseñanza en la comunidad y lugares circunvecinos.

## **2.2.2. Investigación preliminar**

Previo a iniciar el diseño para la edificación, se informa sobre la situación actual.

### **2.2.2.1. Localización del terreno**

Para el desarrollo del proyecto, el terreno se encuentra ubicado a 200 mts de la iglesia católica del municipio de Santa Cruz Naranjo. Un área de 3 074 m<sup>2</sup>.

### **2.2.2.2. Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico se realizó con un teodolito Foif dt105c, debido a que el terreno se encuentra con árboles y obstáculos que impiden obtener radiaciones directas se utilizó el método de radiaciones con conservación de azimut, y a la vez se obtuvo la altimetría para ser incluida dentro del diseño con los perfiles y elevaciones para el centro de capacitación.

## **2.2.3. Estudio de suelo**

Dentro de las actividades básicas del diseño del centro de capacitación se encuentra el estudio de suelos, el cual tiene como principal objetivo describir las

características físicas y mecánicas del suelo portante de la edificación, en especial la capacidad de carga admisible o valor soporte del suelo.

### **2.2.3.1. Método de ensayo de compresión triaxial**

Para el estudio de suelos de dicho proyecto, se excavó un pozo con una profundidad de 2,00 m, del cual se extrajo una muestra inalterada de 1 pie<sup>3</sup>. A la muestra inalterada, se le practicó el ensayo de compresión triaxial, no drenada no consolidada, según la Norma ASTM D-2850 y dicho ensayo fue llevado a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniera (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **2.2.3.2. Determinación del valor soporte de suelo**

La capacidad soporte de un suelo es la capacidad que tiene un suelo de soportar carga, sin que se produzca una falla en su masa. Para calcular dicha capacidad se utilizó el método de Terzaghi. Para calcular el valor soporte del suelo se utilizara la siguiente ecuación:

$$q_o = 1,3 * C_u * N_c + \gamma_s * D_c * N_q + 0,4 * B * \gamma * N_r$$

Donde:

- $q_o$  = valor de esfuerzo límite
- $C_u$  = coeficiente de cohesión del suelo =  $5,08 \text{ T/m}^2 / 1,5 = 3,38 \text{ T/m}^2$
- $\Phi$  = ángulo de fricción interna =  $30,90^\circ / 1,5 = 20,60^\circ$
- $N_c$  = factor de capacidad de carga debido a la cohesión
- $\gamma_s$  = peso específico del suelo =  $1,39 \text{ T/m}^3$
- $D_c$  = desplante de cimentación = 1,40 m

- $N_q$  = factor de capacidad de carga debido a la sobre carga  
 $B$  = base de la zapata = 1,00 m  
 $N_y$  = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo  
 $F_s$  = factor de seguridad = 3

Calculando el factor de capacidad de carga debido a la sobre carga ( $N_q$ )

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

$$N_q = \tan^2 45 + \frac{20,60}{2} e^{\pi \tan 20,60} = 6,79$$

Calculando el factor de capacidad de carga debido a la cohesión ( $N_c$ )

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

$$N_c = \cot 20,60^\circ * (6,79 - 1) = 12,11$$

Calculando el factor de capacidad de carga debido al peso del suelo ( $N_y$ )

$$N_y = 2(N_q + 1) * \tan \Phi$$

$$N_y = 2(6,79 + 1) * \tan 20,60^\circ = 5,85$$

Calculando el valor de esfuerzo límite ( $q_o$ )

$$q_o = 1,3 * C_u * N_c + \gamma * D_c * N_q + 0,4 * \gamma * B * N_y$$

$$q_o = 1,3 * 3,38 * 12,11 + 1,39 * 1,40 * 6,79 + 0,4 * 1,39 * 1 * 5,85$$

$$q_0 = 69,68 \text{ ton/m}^2$$

Calculando el valor soporte del suelo en estudio ( $V_s$ )

$$V_s = \frac{q_0}{F_s}$$

$$V_s = \frac{69,68}{3} = 23,22 \text{ ton/m}^2$$

### **2.2.3.3. Ensayo límites de Atterberg**

Los límites de Atterberg se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos, los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de 3mm de espesor con el suelo. Siguiendo estos procedimientos se definen tres límites:

**Límite líquido:** cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de casagrande.

**Límite plástico:** cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe. **Límite de retracción o contracción:** Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

- Datos de laboratorio
  - arena limosa con grava color café

- Índice plástico= 0

Nota: en la práctica del laboratorio del límite Atterberg el material no tubo índice plástico, por lo tanto no se puede concluir un límite líquido, ni límite plástico, con el uso del material que se mezcla con agua, se observa que no se evaporó la humedad y no forma una mezcla plástica formada por filamentos moldeables, para lo que se llega a la conclusión de que no cuenta con los parámetros que contiene la humedad el material, por lo que no es adecuado para formar una buena calidad subrasante.

#### **2.2.4. Normas de diseño de edificios educativos**

Para el diseño arquitectónico se tomaron los criterios del arte de proyectar en arquitectura, para tener en cuenta las dimensiones mínimas que debe de tener cada ambiente y darle la forma adecuada en conjunto, en la parte concerniente a ingeniería civil se utilizó los códigos: AGIES, SEAOC, ACI 318.

Además, para la disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento del espacio de edificios educativos, se aplicaron las normas contenidas en el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación, siendo éstas las siguientes:

##### **2.2.4.1. Criterios generales**

Son todos los aspectos importantes que se toman para diseño, se puede mencionar: ubicación del edificio, altura de ventanas, iluminación, entre otros.

#### **2.2.4.2. Criterios de conjunto**

- **Conjunto arquitectónico**

Se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo, para atender a los alumnos que se espera recibir, y se debe diseñar con respecto a su funcionalidad incluyendo todas las áreas a utilizar.

- **Emplazamiento**

El emplazamiento del conjunto en el terreno supone tener en cuenta, en primer lugar una adecuada relación entre la superficie ocupada por las construcciones y las superficies libres, incluidas en éstas las áreas de recreación, educación física, estacionamiento, áreas verdes, etc., la tendencia de este aspecto debe ser la de lograr el máximo de espacios abiertos compatibles con el tamaño del terreno y del edificio a construir. Un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno se logra cuando el área construida en la planta baja no exceda el 40 % del área total del terreno.

- **Orientación**

La correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación ideal para las ventanas es de norte a sur, de preferencia abriéndolas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el terreno, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir las ventanas.

- Superficie

El tamaño del edificio escolar en cuanto al área requerida, varía en función de las necesidades que tenga que satisfacer según sea la capacidad asignada y el nivel o modalidad de la enseñanza a que se destina al establecimiento.

Normalmente, el edificio escolar debe alcanzar su máximo desarrollo en la planta baja, dentro de los límites que imponen la dimensión del terreno disponible, la necesidad de espacios abiertos y la conveniencia de reducir recorridos de circulación e instalaciones. El desarrollo en altura exigida por cualquiera de estas condiciones debe tener muy en cuenta los niveles máximos admisibles de acuerdo con la edad de los alumnos y la índole de las distintas actividades.

#### **2.2.4.3. Criterios de iluminación**

Generalidades de la iluminación en el edificio: la iluminación debe ser abundante y uniformemente distribuida, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios.

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y lámparas.
- Un local pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
- Los acabados más brillantes, permiten mayor reflexión de la luz y como resultado, una mejor iluminación.

- Tipos de iluminación: ésta se divide en; natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estos tipos de iluminación, se describen a continuación:
  - Iluminación natural: el diseño de ventanas para iluminación debe proporcionar luz pareja y uniforme en todos los puntos del área, sin incidencia de rayos solares, conos de sombra o reflejos.
  - Iluminación natural unilateral: el área de ventanas debera ser del 25 % al 30 % del área de piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro y no debe estar a una distancia de 2,50 veces la altura del muro donde están las ventanas.
  - Iluminación natural bilateral: este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula; las ventanas deben de tener un área de iluminación entre 25 % a 30 %.
  - Iluminación natural cenital: en este caso, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del aula. Para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15 % al 20 % del área total de piso.
  - Iluminación artificial: debe usarse como apoyo a la iluminación natural.

Como se requiere iluminación nocturna en algunas áreas, se debe considerar iluminar los ambientes en forma idéntica a la natural, con el fin de mantener condiciones generales y deberá ser difusa para que no moleste la vista.

Para la iluminación del centro de capacitación, se tomó el concepto de iluminación natural bilateral, ya que el edificio está orientado de norte a sur, teniendo un área de iluminación del 25 %.

#### **2.2.4.4. Instalaciones**

Las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios educativos son las hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de gas. En su diseño y colocación se debe garantizar lo siguiente:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

Cuando no existan en el lugar las instalaciones sanitarias adecuadas, se debe prestar atención especial a estas instalaciones, para ver de qué forma se eliminan las aguas servidas o se opte por la construcción de una fosa séptica.

#### **2.2.4.5. Otros criterios**

- Ventilación: debe ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire. La cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.
- Criterios de color: el color es uno de los elementos que evitan la reverberación y sobre todo, ayudan a la optimización de la iluminación natural. Se recomienda el uso de colores cálidos en ambientes donde la luz solar es poca. Los colores deben dar un efecto tranquilizante.

- Confort acústico: es muy importante en un centro de esta categoría, pues los ambientes deben ser tranquilos para que influyan favorablemente en el estado anímico de los estudiantes. Para que exista un confort acústico es necesario que no existan interferencias sonoras entre los distintos ambientes. Los ruidos en un aula pueden provenir del exterior, del centro de ambientes vecinos o del interior; para prevenirlos y así lograr las condiciones acústicas óptimas, se pueden tomar las precauciones siguientes:
  - Para que no interfiera el ruido proveniente del exterior, ubicar los establecimientos en zonas tranquilas, pero de no ser posible esto, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.
  - Para prevenir la interferencia entre ambientes, separar los ambientes ruidosos de los tranquilos, tomando en cuenta la dirección del viento.

Para disminuir el ruido interno del ambiente, construir con materiales porosos, ya que éstos absorben el ruido, también las patas del mobiliario y equipo deben tener aislantes acústicos, para disminuir el ruido al moverlos.

### **2.2.5. Espacios educativos**

Espacios educativos, se denominan a la totalidad de espacios destinados al ejercicio de la educación, el cual se desarrolla por medio de diferentes actividades. Por tal razón, las características de los espacios educativos varían de acuerdo a los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

En el reglamento se describen como espacios educativos característicos: aula teórica, aula unitaria, aula de proyecciones y la economía doméstica.

Descripción que se detalla, únicamente, para el aula teórica, ya que ésta se utiliza en todos los espacios educativos de este proyecto, por ser la que mejor se adapta a los requerimientos del centro educativo.

#### **2.2.5.1. Aula teórica**

La función del aula teórica es proveer a los maestros y alumnos de un espacio para desarrollar, en forma cómoda, las actividades del proceso enseñanza-aprendizaje, ya sea en la forma tradicional expositiva o modificando la ubicación del mobiliario para desarrollar otras técnicas didácticas.

Debido a que el nivel de escolaridad, que se prestará en el centro educativo que se está diseñando será variado en cada jornada y esto probablemente cambiará con el tiempo, las recomendaciones para el diseño de un aula teórica, aquí se generalizan, ya que en los niveles primario, básico y diversificado, son similares. Dichas recomendaciones generalizadas son las siguientes.

- La capacidad óptima en el nivel diversificado es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos.
- El área óptima por alumno es de  $1,50 \text{ m}^2$ , pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de  $1,30 \text{ m}^2$ .
- Para la superficie total del aula, debe considerarse el caso crítico, es decir, cuando se da la capacidad máxima de 40 alumnos.

- La forma del aula será cuadrada o rectangular, se recomienda que el lado mayor no exceda 1,5 veces el lado menor.
- La fuente principal de iluminación natural debe provenir del lado izquierdo del alumno sentado frente al pizarrón.
- La distancia máxima desde la última fila al pizarrón, será de 8 m; y el ángulo horizontal de visión de un alumno sentado, 30° como máximo.

Tendrá instalaciones de energía eléctrica, con luminarias adecuadas que proporcionen iluminación artificial abundante y constante; además, tendrá dos tomacorrientes, uno al frente y otro en la parte posterior, colocados a 0,40 m sobre el nivel del piso.

### **2.2.5.2. Predimensionamiento aula teórica**

Según el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación se toman los siguientes valores y criterios normativos para el diseño de edificios escolares.

1,35 m<sup>2</sup>/ alumno -----área rural

1,50 m<sup>2</sup>/ alumno -----área urbana

Ya que el proyecto se encuentra dentro de un área urbana, se calculan los metros cuadrados para cada salón de la siguiente manera, considerando 30 alumnos por aula.

$$\text{Área del salón} = 1,50 \text{ m}^2 / \text{alumno} \times 30 \text{ alumnos} = 45 \text{ m}^2$$

## **2.2.6. Diseño estructural**

Previo al diseño estructural se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

### **2.2.6.1. Diseño arquitectónico**

El diseño arquitectónico se ocupa de la proyección y distribución de los ambientes, de acuerdo a las necesidades de cada edificación y del tipo de ocupación. El fin es crear espacios donde los seres humanos puedan desarrollar las actividades, para la cual ha sido proyectado la edificación, sin generar molestias. Para lograrlo se debe diseñar de acuerdo a las necesidades que se tengan en el área, utilizando los recursos materiales y normas de diseño que existan.

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

Aprovechando el área plana del terreno se decidió ubicar en la parte noreste y ocupara de los 3 074 m<sup>2</sup> únicamente 404 m<sup>2</sup> de los cuales el 13,14 % destinada para la edificación del centro de capacitación, y el resto del terreno se utiliza como área verde.

### **2.2.6.3. Distribución de ambientes**

La distribución de ambientes del edificio será un módulo de gradas en el centro y dos edificios gemelos en los extremos, están compuestos por oficina administrativa, cuatro talleres, 5 salones para clases, 2 bodegas y un laboratorio de computación, de geometría rectangular de 6,00 de ancho y 8,00 de largo. Los cuales se distribuirán de la siguiente manera:

- Planta baja: contemplará oficina administrativa, cuatro talleres, 1 bodega de limpieza y módulo de baños.
- Planta alta: contemplará 5 salones de clase, una bodega y un laboratorio de computación.

#### **2.2.6.4. Altura del edificio**

El Centro de Capacitación se diseñó de dos niveles debido a las limitantes de áreas planas del terreno, ya que de esta forma se adecúa mejor el edificio dentro del terreno y cumplir con el principio de emplazamiento propuesto por las normas del Ministerio de Educación, el cual dice que el área del conjunto arquitectónico en el terreno se logra cuando el área construida en la planta baja no exceda el 40 % del área total del terreno.

La altura de cada piso será de 3,00 metros aproximadamente por nivel dando una altura total de la edificación de 6,00 metros medidos del nivel del piso a la cubierta del segundo nivel.

#### **2.2.7. Análisis estructural**

En la elección del sistema estructural influyen en la toma de decisión, los factores de resistencia, economía, estética, los materiales disponibles en el lugar y la técnica para realizar la obra. El resultado debe comprender el tipo estructural, formas y dimensiones, los materiales y el proceso de ejecución. Para este caso se ha elegido un sistema estructural de tipo de marcos dúctiles de concreto reforzado, con losas planas de concreto reforzado y muros de mampostería con block de pómez; además, todo el sistema se construirá en obra.

### 2.2.8. Predimensionamiento de elementos estructurales

Antes de determinar las dimensiones finales de los elementos estructurales, es necesario realizar un predimensionamiento, para lo cual nos basamos en experiencia de obras similares, ayuda de diseño a través de tablas, graficas, etc. Si durante el diseño los elementos no resisten los efectos demandados en el análisis estructural, será necesario rediseñar los elementos y establecer un nuevo ciclo de análisis y diseño estructural.

- Columnas

El método que se utiliza para predimensionar las columnas, determina la sección y la carga aplicada a la misma. En este caso en particular se desea guardar simetría en las dimensiones de las columnas, por tal razón se toma la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga. La medida resultante se aplica a todas las demás columnas.

$$P = 0,8(0,225*f'c*Ag+Fy*As)$$

Donde:

As oscila entre: (1%Ag<As<6%Ag) (ACI 318S-08, CAP, 21.4.3.1)

$$P = (\gamma_{\text{concreto}}) * \text{Área Trib.} * \text{No. Niveles}$$

$$P = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 24 \text{ m}^2 * 2 = 115\,200 \text{ kg.}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$Ag = \text{área gruesa de columna (cm}^2\text{)}$$

Usando un As de 1% entonces queda:

$$115\,200 = 0,80(0,85*210 (Ag-0,01Ag) + 2\,810*0,01Ag)$$

$A_g = 703,07\text{cm}^2$ ; según ACI 318 la sección mínima debe ser de  $30 \times 30 = 900\text{cm}^2$ , se propone trabajar con esta sección, ya que es mayor al  $A_g$  calculado.

- Vigas

Para el predimensionamiento de vigas se utilizan los siguientes criterios: Por cada metro lineal de luz entre los apoyos de la viga, se incrementara 8 % del peralte y la base puede ser entre 1/2 o 1/3 del peralte.

$$t_{\text{viga}} = \text{luz libre de viga} * 0,08; \text{ o sea el } 8 \% \text{ de la luz libre}$$

Tabla IX. **Espesores mínimos de vigas y losas**

|   | Espesor mínimo, h  |                         |                          |                |
|---|--|-------------------------|--------------------------|----------------|
|   | Simplemente apoyados   | Con un extremo continuo | Ambos extremos continuos | En voladizo    |
| Elementos                               | Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u deflexiones grandes |                         |                          |                |
| Losas macizas en una dirección          | $\frac{L}{20}$   | $\frac{L}{24}$          | $\frac{L}{28}$           | $\frac{L}{10}$ |
| Vigas o losas nervadas en una dirección | $\frac{L}{16}$   | $\frac{L}{18.5}$        | $\frac{L}{21}$           | $\frac{L}{8}$  |

Fuente: Código ACI 318-08. p. 118.

Para este cálculo se tomará la viga crítica que tiene una longitud de 6,40 metros, y el caso de una viga que tiene continuidad en un extremo, luego se tomará el promedio para el predimensionamiento.

Datos:

Sección de columna = 0,30\*0,30 m

L viga= 6,00 m - 0,30 m = 5,70 m

$$t_{\text{viga}} = 0,08 * 5,70 \text{ m} = 0,45 \text{ m}$$

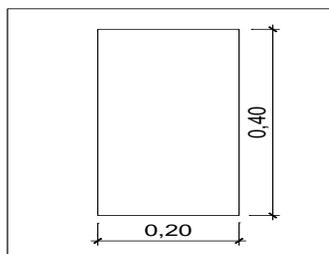
$$t_{\text{viga}} = \frac{5,70 \text{ m}}{18,50} = 0,30 \text{ m}$$

$$t_{\text{promedio}} = \frac{0,45 + 0,30}{2} = 0,37 \text{ m} \approx 0,40 \text{ m}$$

$$b_{\text{viga}} = 0,40 \text{ m} + 0,30 \text{ m} / 2 = 0,20 \text{ m}$$

Sección de viga = 0,40m\*0,20m

Figura 3. **Dimensiones de viga propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

- Losas:

Son elementos estructurales que sirven como cubiertas que protegen de la intemperie, también para transmitir cargas verticales y horizontales, utilizando el método 3 del ACI 318-05 para losas de concreto reforzado.

Para saber cómo trabaja una losa es necesario saber la relación a/b, donde a = sentido corto de losa y b = sentido largo de losa.

$m = a / b < 0,50$  losa trabaja en un sentido

$m = a / b \geq 0,50$  losa trabaja en dos sentidos

$m = 6,40 / 6,40 = 1 > 0,50$ ; la losa trabajará en dos sentidos

Para losas en dos direcciones, ACI 318-05 recomienda:

$$t_{\text{losa}} = \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

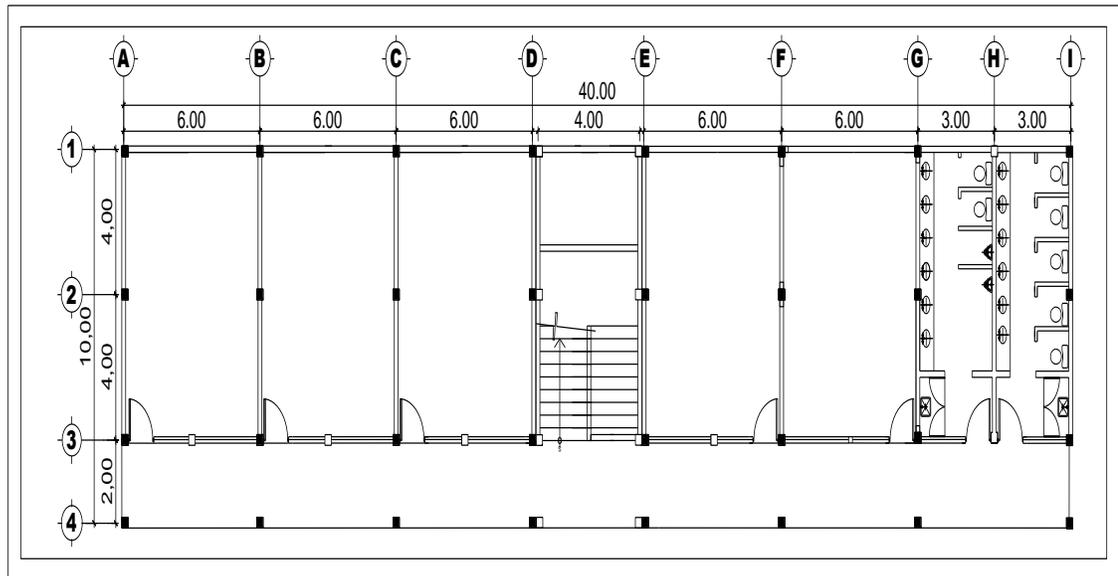
$$t_{\text{losa}} = \frac{6,00*2+4,00*2}{180} = 0,11 \text{ m}$$

Por facilidad constructiva se utilizara  $t_{\text{losa}} = 0,12\text{m}$

- Cimientos:

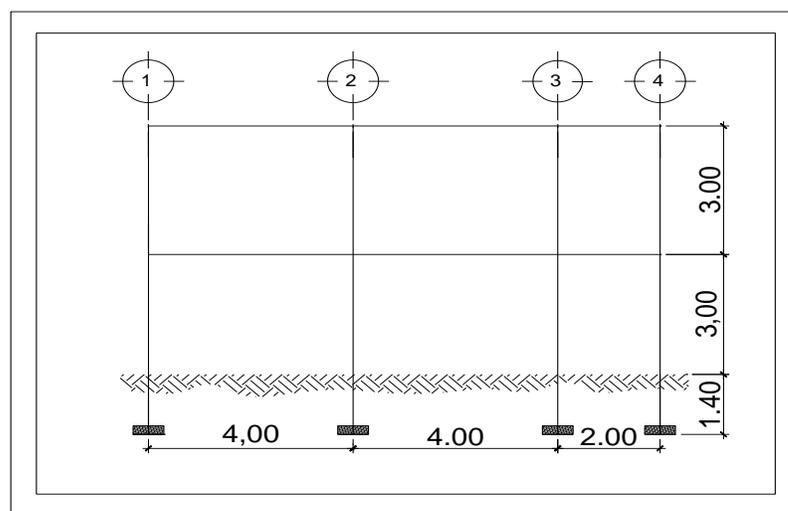
El cimiento corrido se utilizó según parámetros del F.H.A, se usan zapatas combinadas, concéntricas y excéntricas en la unión del módulo gemelo el método de pre dimensionamiento se incluye en el diseño de zapatas.

Figura 4. **Planta baja del centro de capacitación**



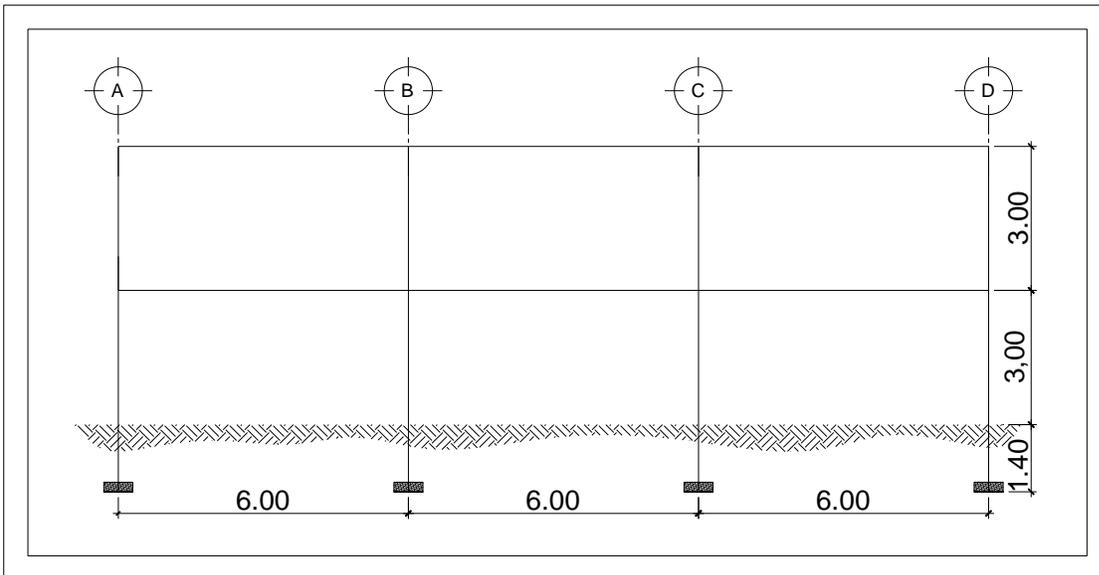
Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 5. **Elevación marco típico, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 6. Elevación marco típico, sentido X



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

## 2.2.9. Integración de cargas

De acuerdo con la dirección de aplicación, existen dos tipos de cargas que pueden actuar en una estructura: cargas verticales y cargas horizontales.

### 2.2.9.1. Cargas verticales

También son llamadas cargas por gravedad, se divide en carga viva y muerta, la carga viva; son cargas ocasionales, tales como el peso de personas, entre otras, la carga muerta es aquella que permanece constante, inamovible y permanente dentro de una estructura, generalmente está constituida por el peso propio de los elementos que integra la estructura.

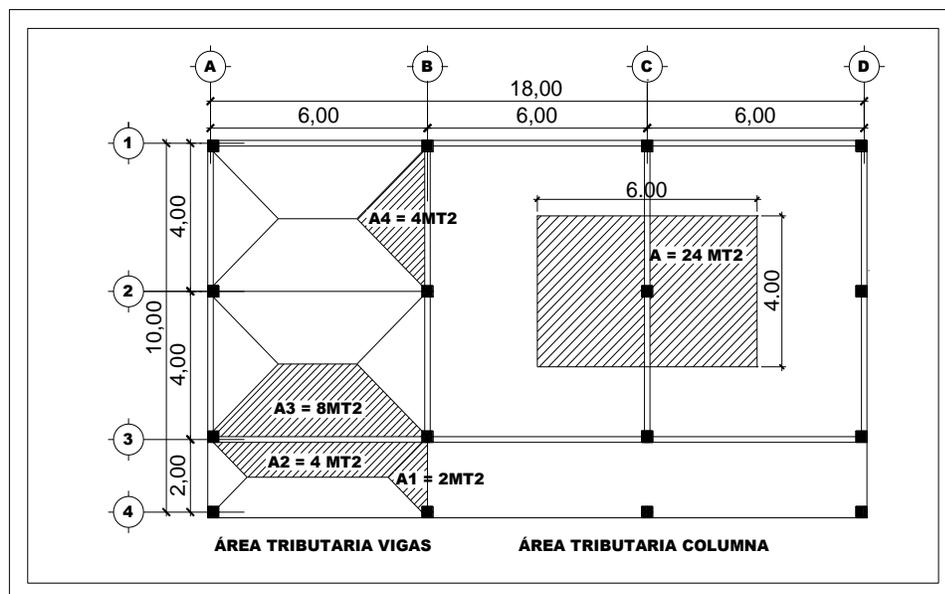
- Carga viva (CV)

- En azoteas = 100 kg/m<sup>2</sup>
- En aulas = 350 kg/m<sup>2</sup>
- En pasillos = 500 kg/m<sup>2</sup>

- Carga muerta (CM)

- Peso del concreto = 2 400 kg/m<sup>3</sup>
- Peso de acabados = 60 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de muros = 150 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de viga = (0,40m x 0,20m x 2 400 kg/m<sup>3</sup>) = 192 kg/m
- Peso de losa = (0,12m x 2 400 kg/m<sup>3</sup>) = 288 kg/m<sup>2</sup>

Figura 7. Planta típica áreas tributarias



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Las cargas linealmente distribuidas para posteriormente realizar el análisis estructural, se calculan tomando en cuenta los valores anteriores, la geometría de la planta y siguiendo el procedimiento siguiente:

- Cargas sobre el marco típico eje B

Marco típico nivel 2 (aquí no se incluye el peso de piso y muros)

Carga muerta:

$$CM_{xx} = \frac{(\text{losa} + \text{acabados}) * (\text{área tributaria})}{\text{longitud viga}} + \text{viga}$$

$$CM_{1-2} = \frac{(288\text{kg/m}^2 + 60\text{ kg/m}^2) * (8\text{m}^2)}{4\text{ m}} + 192\text{ kg/m} = 888\text{kg/m}$$

$$CM_{2-3} = \frac{(288\text{kg/m}^2 + 60\text{ kg/m}^2) * (8\text{m}^2)}{4\text{ m}} + 192\text{ kg/m} = 888\text{kg/m}$$

$$CM_{3-4} = \frac{(288\text{kg/m}^2 + 60\text{ kg/m}^2) * (4\text{m}^2)}{2\text{ m}} + 192\text{ kg/m} = 888\text{kg/m}$$

- Carga viva

$$CV_{xx} = \frac{(\text{carga viva}) * (\text{área tributaria})}{\text{longitud viga}}$$

$$CV_{1-2} = \frac{(100\text{ kg/m}^2) * (8\text{m}^2)}{4\text{m}} = 200\text{ kg/m}^2$$

$$CV_{2-3} = \frac{(100 \text{ kg/m}^2) \cdot (8 \text{ m}^2)}{4 \text{ m}} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_{3-4} = \frac{(100 \text{ kg/m}^2) \cdot (4 \text{ m}^2)}{2 \text{ m}} = 200 \text{ kg/m}^2$$

Marco típico nivel 1 (aquí se incluye el peso de piso y muros)

- Carga muerta

$$CM_{xx} = \frac{(\text{losa} + \text{acabados} + \text{muro} + \text{piso}) \cdot (\text{área tributaria})}{\text{longitud viga}} + \text{viga}$$

$$CM_{1-2} = \frac{(288 \text{ kg/m}^2 + 60 \text{ kg/m}^2 + 150 \text{ kg/m}^2 + 144 \text{ kg/m}^2) \cdot (8 \text{ m}^2)}{4 \text{ m}} + 192 \text{ kg/m} = 1\,476 \text{ kg/m}$$

$$CM_{2-3} = \frac{(288 \text{ kg/m}^2 + 60 \text{ kg/m}^2 + 150 \text{ kg/m}^2 + 144 \text{ kg/m}^2) \cdot (8 \text{ m}^2)}{4 \text{ m}} + 192 \text{ kg/m} = 1\,476 \text{ kg/m}$$

$$CM_{3-4} = \frac{(288 \text{ kg/m}^2 + 60 \text{ kg/m}^2 + 150 \text{ kg/m}^2 + 144 \text{ kg/m}^2) \cdot (4 \text{ m}^2)}{2 \text{ m}} + 192 \text{ kg/m} = 1\,476 \text{ kg/m}$$

- Carga viva

$$CV_{xx} = \frac{(\text{carga viva entrepiso}) \cdot (\text{área tributaria})}{\text{longitud viga}}$$

$$CV_{1-2} = \frac{(350 \text{ kg/m}^2) \cdot (8 \text{ m}^2)}{4 \text{ m}} = 700 \text{ kg/m}$$

$$CV_{2-3} = \frac{(350 \text{ kg/m}^2) \cdot (8 \text{ m}^2)}{4 \text{ m}} = 700 \text{ kg/m}$$

$$CV_{3-4} = \frac{(500 \text{ kg/m}^2) * (4\text{m}^2)}{2\text{m}} = 1000 \text{ kg/m}$$

- Cargas sobre el marco típico eje 2

Marco típico nivel 2 (aquí no se incluye el peso de piso y muros)

- Carga muerta

$$CM_{xx} = \frac{(\text{losa} + \text{acabados}) * (\text{área tributaria})}{\text{longitud viga}} + \text{viga}$$

$$CM_{A-B} = \frac{(288\text{kg/m}^2 + 60 \text{ kg/m}^2) * (16\text{m}^2)}{6 \text{ m}} + 192 \text{ kg/m} = 1\ 120\text{kg/m}$$

- Carga viva

$$CV_{x-x} = \frac{(\text{carga viva}) * (\text{área tributaria})}{\text{longitud viga}}$$

$$CV_{x-x} = \frac{(100 \text{ kg/m}^2) * (16\text{m}^2)}{6\text{m}} = 267 \text{ kg/m}^2$$

Marco típico nivel 1 (aquí se incluye el peso de piso y muros)

- Carga muerta

$$CM_{x-x} = \frac{(\text{losa} + \text{acabados} + \text{muro} + \text{piso}) * (\text{área tributaria})}{\text{longitud viga}} + \text{viga}$$

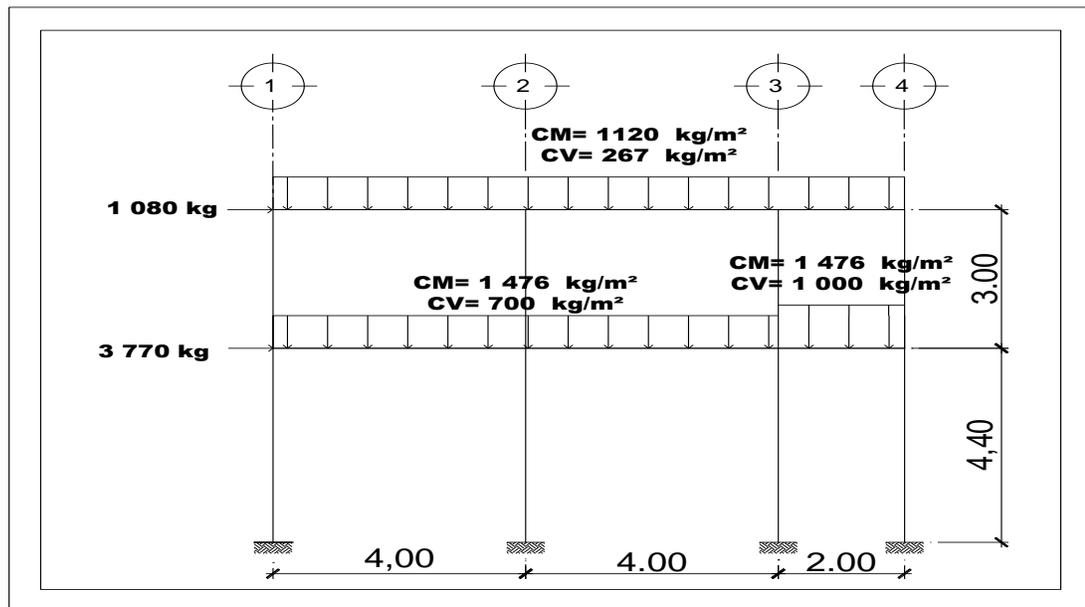
$$CM_{xx} = \frac{(288\text{kg/m}^2 + 60\text{kg/m}^2 + 150\text{kg/m}^2 + 144\text{kg/m}^2) * (16\text{m}^2)}{6\text{m}} + 192\text{kg/m} = 1\,904\text{kg/m}$$

- Carga viva

$$CV_{x-x} = \frac{(\text{carga viva entrepiso}) * (\text{área tributaria})}{\text{longitud viga}}$$

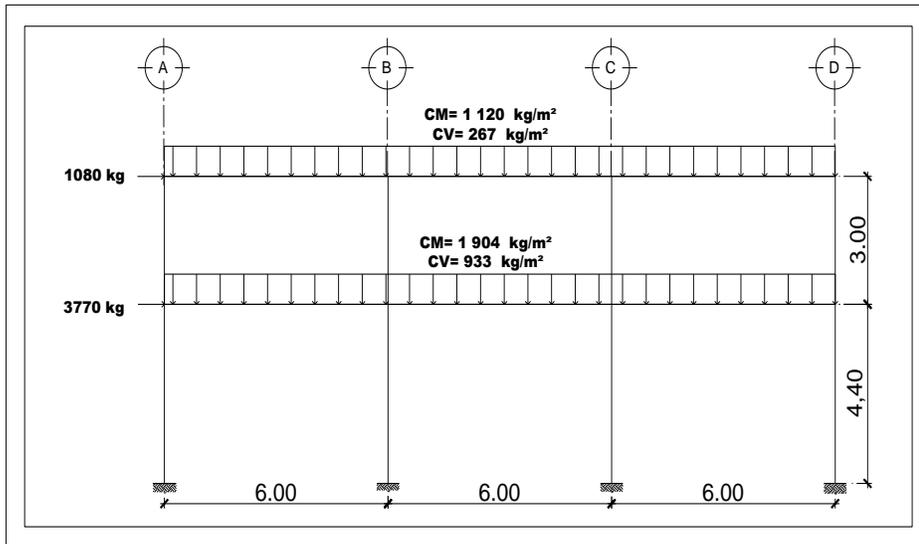
$$CV_{x-x} = \frac{(350\text{kg/m}^2) * (16\text{m}^2)}{6\text{m}} = 933\text{kg/m}$$

Figura 8. Cargas aplicadas, marco dúctil típico, sentido Y



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 9. **Cargas aplicadas, marco dúctil típico, sentido X**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.2.9.2. Cargas horizontales

Las fuerzas horizontales 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 diseñará el edificio para soportar fuerzas sísmicas, utilizando el método SEAOC, ya que en Guatemala es un país con alto riesgo sísmico.

Desde el punto de vista de las estructuras, los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener a la estructura en su sitio original, lo cual conlleva a la imposición de desplazamiento y de fuerzas que pueden tener resultados catastróficos.

Por lo tanto, la respuesta sísmica depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente su altura.

### 2.2.9.3. Método SEAOC aplicado a la edificación

Corte basal (V):

Es la fuerza sísmica que el suelo transmite a la estructura en su base. Para obtener su valor se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = Z \cdot I \cdot C \cdot S \cdot K \cdot W$$

Donde:

Z = coeficiente que depende de la zona (Z=1,00; zona de alto riesgo sísmico)

I = coeficiente de importancia de la obra (I = 1,30 para edificios educativos)

C = coeficiente que depende del período natural de vibración

$$C = \frac{1}{15 \times T^{1/2}} \quad C < 0,12; \text{ si } C > 0,12 \text{ se debe usar } 0,12$$

$$T = 0,0906 \times \frac{H}{B^{1/2}}$$

H = altura del edificio (m)

B = base del edificio a rostros exteriores con dirección del análisis (m)

K = factor que refleja la ductilidad de la estructura para marcos dúctiles (K = 0,67)

S = coeficiente que depende del tipo de suelo, si se desconoce usar 1,50 el valor de  $C * S \leq 0,14$ , si el producto de estos coeficientes exceden este valor, tomar  $C * S = 0,14$

W = peso propio de la estructura más 25 % de las cargas vivas

- Cálculo del peso propio de la estructura (W)

$$W = W_{\text{nivel 1}} + W_{\text{nivel 2}}$$

$$W_{\text{nivel 1}} = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{columnas}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{acabados}} + 0,25 \text{ carga viva}$$

- Nivel 2

$$W_{C,M, \text{ LOSA+ACABADOS}} = (288 \text{ kg/m}^2 + 60 \text{ kg/m}^2)(10 \text{ m} * 18 \text{ m}) = 62 640 \text{ kg}$$

$$W_{C,M, \text{ VIGAS}} = (192 \text{ kg/m}^2)(10 \text{ m} * 4 + 18 \text{ m} * 4) = 21 504 \text{ kg}$$

$$W_{C,M, \text{ COLUMNA}} = 2400 \text{ kg/m}^3 * (0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 1,50 \text{ m} * 16) = 5 184 \text{ kg}$$

$$W_{C,M, \text{ MURO}} = (150 \text{ kg/m}^2)(18 \text{ m} * 1,5 \text{ m} + 8 \text{ m} * 4 \text{ m} + 1 \text{ m} * 18 \text{ m}) = 11 550 \text{ kg}$$

$$W_{C,M, \text{ TOTAL SEGUNDO NIVEL}} = 100 878 \text{ kg}$$

$$W_{C,V, \text{ 2DO, NIVEL}} = (100 \text{ kg/m}^2 * 10,00 \text{ m} * 18 \text{ m} * 25 \%) = 4 500 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total del segundo nivel} = 105 378 \text{ kg}$$

- Nivel 1

$$W_{C,M, \text{ LOSA+ACABADOS}} = (288 + 60 + 144) \text{ kg/m}^2 * (10 \text{ m} * 18 \text{ m}) = 88 560 \text{ kg}$$

$$W_{C,M, \text{ VIGAS}} = (192 \text{ kg/m}^2)(10 \text{ m} * 4 + 18 \text{ m} * 4) = 21 504 \text{ kg}$$

$$W_{C,M, \text{ COLUMNA}} = 2400 \text{ kg/m}^3 * (0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 5,90 \text{ m} * 16 \text{ col}) = 20 390,40 \text{ kg}$$

$$W_{C,M, MURO} = (150 \text{ kg/m}^2)(18\text{m} \cdot 4,5\text{m} + 8\text{m} \cdot 4,5\text{m} + 1\text{m} \cdot 18\text{m}) = 20\,250 \text{ kg}$$

$$W_{C,M, TOTAL SEGUNDO NIVEL} = 150\,704,40 \text{ kg}$$

$$W_{C,V, 1ER, NIVEL AULA} = (350 \text{ kg/m}^2 * 10,00\text{m} * 18\text{m} * 25 \%) = 15\,750 \text{ kg}$$

$$W_{C,V, 1ER, NIVEL AULA} = (500 \text{ kg/m}^2 * 10,00\text{m} * 18\text{m} * 25 \%) = 22\,500 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total del primer nivel} = 181\,304,40 \text{ kg}$$

$$W_{\text{nivel 1}} = 181\,304,40 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{nivel 2}} = 105\,378,00 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{edificio}} = 181\,304,40 + 105\,378,00 = 286\,682,40 \text{ Kg}$$

- Cálculo de C

$$T_y = \frac{0,0906 \times 7,40}{\sqrt{10}} = 0,212$$

$$C_y = \frac{1}{15 \times \sqrt{0,212}} = 0,14$$

$$T_x = \frac{0,0906 \times 7,40}{\sqrt{18}} = 0,158$$

$$C_x = \frac{1}{15 \times \sqrt{0,158}} = 0,167$$

Chequeo de  $C * S \leq 0,14$

$$C_x * S = (0,12) (1,50) = 0,18$$

$$C_y * S = (0,12) (1,50) = 0,18$$

Como ambos productos no cumplen, usar  $C * S = 0,14$  entonces sustituyendo todos los valores obtenidos en la ecuación de corte basal se tiene:

$$V = V_x = V_y = (1,00) (1,30) (0,67) (0,14) (286\ 682,40) = 34\ 958,05 \text{ Kg}$$

#### 2.2.9.4. Fuerza por nivel

Se calcula utilizando la siguiente ecuación para fuerza por nivel:

$$F_{ni} = \frac{V - F_t \sum W \times H_i}{\sum W_i \times H_i}$$

Donde:

$F_{ni}$  = fuerza por nivel

$F_t$  = fuerza de techo, cuando  $T$  (período natural del 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

$F_t$ , cuando  $T_y = 0,212 < 0,25$

$F_t$ , cuando  $T_x = 0,158 < 0,25$

Como  $T_y = T_x < 0,25$ ; entonces  $F_t = 0$

Tabla X. **Distribución de fuerzas por nivel**

| NIVEL | Wi (Kg) | Hi (m) | Wi*Hi (Kg-m) |
|-------|---------|--------|--------------|
| 1     | 181 304 | 4,40   | 797 737,60   |
| 2     | 105 378 | 7,40   | 779797 ,20   |
|       |         |        | 1 577 534    |

Fuente: elaboración propia.

$$F_{1X}=F_{1Y} = \frac{(34\,958 - 0) * 797\,737}{1\,577\,534} = 17\,677 \text{ Kg}$$

$$F_{2X}=F_{2Y} = \frac{(34\,958 - 0) * 779\,797}{1\,577\,534} = 17\,280 \text{ Kg}$$

Comprobando  $V=F_1+F_2= 34\,958,05 \text{ Kg}$

### 2.2.9.5. Fuerza por marco

En las estructuras se calculará dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, si los marcos espaciados están simétricamente colocados. Si los marcos son asimétricos, se tendrá que dividir la fuerza de piso  $F_i$  proporcional a la rigidez de los marcos.

- Segundo nivel

La fuerza del segundo nivel debe incluir  $F_t$

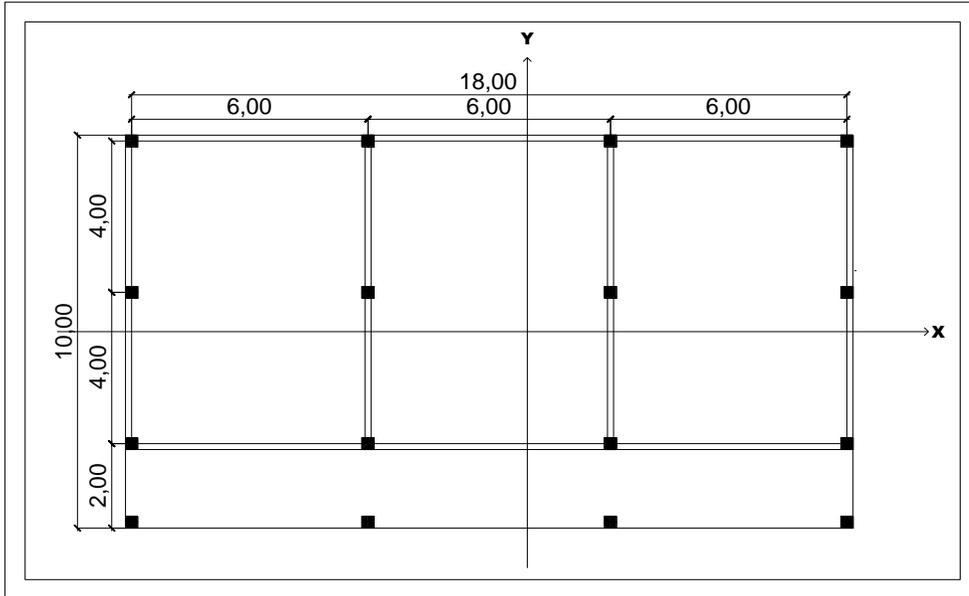
$$F_m = \frac{(F_2 + F_t)}{\# \text{ Marcos}} = \frac{(17280 + 0)}{4} = 4\,320 \text{ Kg}$$

- Primer nivel

$$F_m = \frac{(F_1)}{\# \text{ Marcos}} = \frac{(17\,677)}{4} = 4\,419 \text{ Kg}$$

Fuerza por marco X-X= fuerza marco Y-Y

Figura 10. **Simetría del centro de capacitación**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Los momentos de entrepiso se distribuyen en los diversos marcos y muros del sistema resistente a fuerzas laterales, de manera congruente con la distribución de los cortantes de entrepiso.

Según el tipo de estructura que se esté analizando, así será el tipo de apoyo y, por lo tanto, la ecuación de la rigidez a usar.

Voladizo: se refiere a edificios de un nivel o a los últimos niveles de edificios de varios niveles. La rigidez se calcula con la siguiente fórmula.

$$R = \frac{1}{\frac{(P \cdot h^3)}{3EI} + \frac{(1,2Ph)}{AG}} ; \quad I = \frac{1}{12} b \cdot h^3 ; \quad E = 15 \cdot 100^2 \overline{f_c} ; \quad G = 0,40 E$$

Doblemente empotrado: se refiere a los primeros niveles o niveles intermedios de edificios multiniveles. La rigidez se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{\frac{(P \cdot h^3)}{12EI} + \frac{(1,2Ph)}{AG}}$$

Donde:

- P = carga asumida, generalmente 10 000 kg
- h = altura de muro o columna analizada
- E = módulo de elasticidad del concreto
- I = inercia del elemento
- A = sección transversal del muro o columna analizada
- G = módulo de rigidez
- R = rigidez

Cuando el centro de rigidez CR no coincide con el centro de masa CM, se produce excentricidad en la estructura, esto debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.

La excentricidad se determina por medio de la diferencia que existe entre el valor del centro de masa CM y el valor del centro de rigidez CR.

- Fuerza del marco por torsión

El cálculo de la fuerza que llega a cada marco se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza por torsión  $F_i''$  (fuerza rotacional), y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos  $F_i'$  (fuerza de traslación).

$$F_m = F_i'' \pm F_i'$$

Para esto se utilizan las siguientes fórmulas:

$$F_i' = \frac{(R_m * F_n)}{R_i}; \quad F_i'' = \frac{(e * F_n)}{E_i}; \quad E_i = \frac{(R_m * d_i)^2}{R_m * d_i}$$

Donde:

$R_m$  = rigidez del marco

$\Sigma R_i$  = rigidez total del nivel es la sumatoria de las rigideces de los marcos paralelos a la carga

$d_i$  = distancia de CR a marco considerado

$F_n$  = fuerza por nivel

$E_i$  = relación entre rigideces y brazo de cada marco

$e$  = excentricidad

- Segundo nivel:

Rigidez de la columna en el eje X-X, se utiliza la fórmula de voladizo por ser el último nivel.

$$R = \frac{1}{\frac{(1000 * 300^3)}{12(15 * 100^2 * 210)} + \frac{(1,2 * 10\ 000 * 300)}{30 * 30 * 0,4 * 15 * 100^2 * 210}} = 0,63$$

Como la sección de las columnas son las mismas en los marcos:

$$k_m = 4(0,63) = 2,52$$

Tabla XI. **Cálculo del centro de rigidez Nivel 2**

| Marco     | R     | L  | RL    |
|-----------|-------|----|-------|
| A         | 2,52  | 0  | 0     |
| B         | 2,52  | 2  | 5,04  |
| C         | 2,52  | 6  | 15,12 |
| D         | 2,52  | 10 | 25,20 |
| SUMATORÍA | 10,08 |    | 45,36 |

Fuente: elaboración propia.

CR = centro de rigidez

$$CR = \frac{RL}{R} = \frac{45,36}{10,08} = 4,5 \text{ m}$$

CM = centro de rigidez

$$CM_x = \frac{10,00}{2} = 5 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{18,00}{2} = 9 \text{ m}$$

Excentricidad

$$E = CM_x - CR = 5 \text{ m} - 4,5 \text{ m} = 0,50 \text{ m}$$

$$e_{min} = 0,05 \cdot h \text{ (h=altura del edificio)}$$

$$e_{min} = 0,05(7,40) = 0,37 \text{ m}$$

Tabla XII. Fuerza en marco por torsión Nivel 2

| Marco | Ri    | Di    | Ri*di  | (Ri*di)^2 | Ei     | Fi'   | Fi''    | Fm       |
|-------|-------|-------|--------|-----------|--------|-------|---------|----------|
| A     | 2,52  | -4,50 | -11,34 | 128,59    | -33,04 | 1 080 | -261,50 | 818,50   |
| B     | 2,52  | -2,50 | -6,30  | 39,69     | -59,46 | 1 080 | -145,30 | 934,70   |
| C     | 2,52  | 1,50  | 3,78   | 14,29     | 99,12  | 1 080 | 87,17   | 1167,17  |
| D     | 2,52  | 5,50  | 13,86  | 192,09    | 27,03  | 1 080 | 319,64  | 1 399,64 |
|       | 10,08 |       |        | 374,66    |        |       |         |          |

Fuente: elaboración propia.

Si el valor  $F_m < F_i''$ , se debe tomar  $F_i'$  como la fuerza de marco. Si el valor  $F_m > F_i''$ ,  $F_m$  será el valor del marco analizado. Es decir, se toman los valores críticos.

- Primer nivel

La rigidez de la columna se trabaja como doblemente empotrada por ser primer nivel de un edificio multiniveles.

De la fórmula de doble empotramiento se obtiene:

$$R = \frac{1}{\frac{(10\ 000 \cdot 440^3)}{12(15\ 100^2 \cdot 210)} + \frac{(1,2 \cdot 10\ 000 \cdot 440)}{30 \cdot 30 \cdot 0,4 \cdot 15\ 100^2 \cdot 210}} = 0,204$$

Como la sección de las columnas son las mismas en los marcos:

$$k_m = 4(0,204) = 0,81$$

Tabla XIII. **Cálculo del centro de rigidez Nivel 1**

| <b>Marco</b> | <b>R</b> | <b>L</b> | <b>RL</b> |
|--------------|----------|----------|-----------|
| A            | 0,81     | 0        | 0         |
| B            | 0,81     | 2        | 1,62      |
| C            | 0,81     | 6        | 4,86      |
| D            | 0,81     | 10       | 8,10      |
| SUMATORÍA    | 3,24     |          | 14,58     |

Fuente: elaboración propia.

CR = centro de rigidez

$$CR = \frac{RL}{R} = \frac{14,58}{3,24} = 4,50 \text{ m}$$

CM = centro de rigidez

$$CM_x = \frac{10,00}{2} = 5,00 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{18,00}{2} = 9,00 \text{ m}$$

Excentricidad

$$E = CM_x - CR = 5 \text{ m} - 4,5 \text{ m} = 0,50 \text{ m}$$

$$e_{min} = 0,05 \cdot h \text{ (h=altura del edificio)}$$

$$e_{min} = 0,05(7,40) = 0,37 \text{ m}$$

Tabla XIV. Fuerza en marco por torsión Nivel 1

| Marco | Ri   | Di    | Ri*di | (Ri*di)^2 | Ei     | Fi'   | Fi''     | Fm    |
|-------|------|-------|-------|-----------|--------|-------|----------|-------|
| A     | 0,81 | -4,50 | -3,64 | 13,25     | -10,60 | 4 419 | -833,82  | 3 585 |
| B     | 0,81 | -2,50 | -2,02 | 4,08      | -19,10 | 4 419 | -462,74  | 3 956 |
| C     | 0,81 | 1,50  | 1,21  | 1,46      | 31,89  | 4 419 | 277,15   | 4 141 |
| D     | 0,81 | 5,50  | 4,45  | 19,80     | 8,67   | 4 419 | 1 019,43 | 3 400 |
|       | 3,24 |       |       | 38,59     |        |       |          |       |

Fuente: elaboración propia.

Como  $V_x=V_y$ , entonces  $F_n$  en X=  $F_n$  en y

- Primer nivel

$$F_m = \frac{1 * 4\ 420}{1 * 4} = 1\ 105 \text{ kg}$$

Este valor se aplica en todos los marcos X

$$F_{m_A} = F_{m_B} = F_{m_C} = F_{m_D}$$

- Primer nivel

$$F_{m_A} = \frac{0,50 * 4\ 420}{-10,60} = -208,49 \text{ Kg}$$

$$F_{m_B} = \frac{0,50 * 4\ 420}{-19,10} = -115,70 \text{ Kg}$$

$$Fm_C = \frac{0,50 * 4\ 420}{31,89} = 69,30 \text{ Kg}$$

$$Fm_D = \frac{0,50 * 4\ 420}{8,67} = 254,90 \text{ Kg}$$

- Segundo nivel

$$Fm = \frac{1 * 4\ 320}{1 * 4} = 1\ 080$$

$$Fm_A = \frac{0,50 * 4\ 320}{-33,04} = -65,37 \text{ Kg}$$

$$Fm_B = \frac{0,50 * 4\ 320}{-59,46} = -36,33 \text{ Kg}$$

$$Fm_C = \frac{0,50 * 4\ 320}{99,12} = 21,79 \text{ Kg}$$

$$Fm_D = \frac{0,50 * 4\ 320}{27,03} = 79,91 \text{ Kg}$$

Sentido Y: por simetría, se usa R=1 en todos los marcos X

$$CR=9;$$

$$CM=9;$$

$$E=CM_x - CR = 0$$

- Primer nivel

$$F_m = \frac{1 \cdot 4\,420}{1 \cdot 4} = 1\,105 \text{ Kg}$$

Este valor se aplica en todos los marcos Y

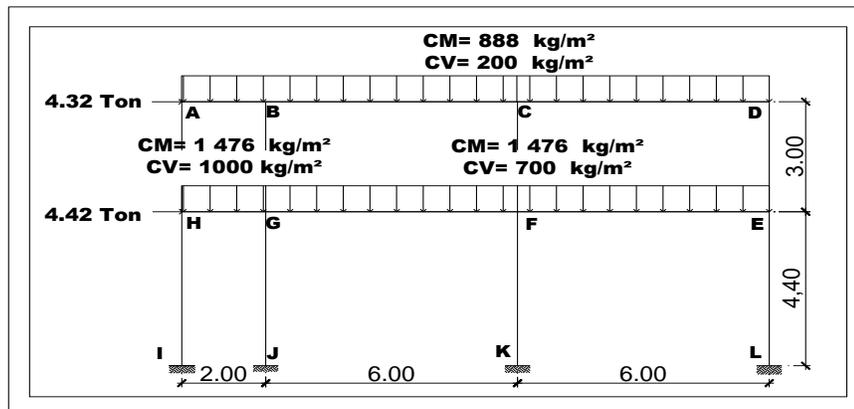
- Segundo nivel

$$F_m = \frac{1 \cdot 4\,320}{1 \cdot 4} = 1\,080 \text{ Kg}$$

### 2.2.10. Análisis de marcos dúctiles por paquete de software y comprobación por un método numérico (Kanni)

El análisis se realizó para cada una de las cargas, siendo éstas: carga muerta, carga viva y sismo. Los datos se ingresaron al software, de acuerdo a los modelos resultantes de las cargas en el edificio, ver figura 11.

Figura 11. Cargas en marco comparación Kanni versus Etabs V.9.2



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Análisis estructural numérico de Kanni, el siguiente resumen se aplica únicamente para miembros de sección constante.

- Cálculo de momentos fijos ( $MF_{ik}$ ), éstos se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción ( $M_s$ ), éstos se calculan cuando hay cargas verticales.

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

- Determinación de fuerzas de sujeción (H), éstas se calculan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$H = FM_{nivel\ h}; \text{ (fuerzas por marco del nivel n, del análisis sísmico)}$$

- Cálculo de la fuerza cortante en el piso ( $Q_n$ ), se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$Q_n = \Sigma H$$

- Cálculo de momentos de piso ( $M_n$ ), éstos se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$M_n = \frac{Q_n * h_n}{3}$$

Donde:

$h_n$  = altura del piso "n".

- Cálculo de rigidez de los elementos ( $K_{ik}$ ),

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}}$$

Donde:

$I$  = Inercia del elemento,

$L_{ik}$  = Longitud del elemento.

- Cálculo de factores de giro o coeficiente de reparto ( $\mu_{ik}$ )

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{ik}}{K_{in}}$$

- Cálculo de factores de corrimiento ( $V_{ik}$ ), éstos se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura o cuando se hace el análisis con la fuerza horizontal aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$V_{ik} = -\frac{3}{2} * \frac{K_{ik}}{K_{in}}$$

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

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

- Cálculo de iteraciones, influencias de desplazamiento ( $M''_{ik}$ ), esto se calcula cuando existe ladeo

$$M''_{ik} = V_{ik} (M'_{in} + M'_{ni}) : \quad \text{ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = V_{ik}(M_s + M'_{in} + M'_{ni}) : \quad \text{ladeo por fuerzas horizontales}$$

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra ( $M_{ik}$ )

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}; \quad \text{Sin ladeo}$$

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}; \quad \text{Con ladeo}$$

- Cálculo de los momentos positivos en vigas ( $M_{ik(+)}$ )

$$M_{ik(+)} = \frac{WL^2}{8} - \frac{M_{i(-)} + M_{k(-)}}{2}$$

Donde:

$M_{i(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo del lado izquierdo

$M_{k(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo del lado derecho

Método de Kanni, carga muerta, marco rígido típico sentido Y

- Cálculo de rigidez

$$KAB = KHG = 1$$

$$KBC = KGF = KCD = KFE = 0,50$$

$$KAH = KDE = 0,33$$

$$KBG = KCF = 0,66$$

$$KHI = KGF = KFK = KEL = 0,47$$

- Factores de giro:

Nodo A:

$$\mu_{AH} = -\frac{1}{2} * \frac{1}{1+0.33} = -0,37$$

$$\mu_{AH} = -\frac{1}{2} * \frac{0.33}{1+0.33} = -0,12$$

$$\Sigma = -0,49$$

Nodo C:

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} * \frac{0.50}{0.50+0.50+0.66} = -0,15$$

$$\mu_{CD} = -\frac{1}{2} * \frac{0.50}{0.50+0.50+0.66} = -0,15$$

$$\mu_{CF} = -\frac{1}{2} * \frac{0.66}{0.50+0.50+0.66} = -0,19$$

$$\Sigma = -0,49$$

Nodo E:

$$\mu_{ED} = -\frac{1}{2} * \frac{0.33}{0.33+0.47+0.50} = -0,12$$

$$\mu_{ED} = -\frac{1}{2} * \frac{0.47}{0.33+0.47+0.50} = -0,18$$

$$\mu_{ED} = -\frac{1}{2} * \frac{0.50}{0.33+0.47+0.50} = -0,19$$

$$\Sigma = -0,49$$

Nodo G:

$$\mu_{GF} = -\frac{1}{2} * \frac{0.50}{0.50+0.66+0.47+1} = -0,09$$

$$\mu_{GB} = -\frac{1}{2} * \frac{0.66}{0.50+0.66+0.47+1} = -0,12$$

$$\mu_{GJ} = -\frac{1}{2} * \frac{0.47}{0.50+0.66+0.47+1} = -0,09$$

$$\mu_{GH} = -\frac{1}{2} * \frac{1}{0.50+0.66+0.47+1} = -0,19$$

$$\Sigma = -0,49$$

Nodo B:

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \frac{1}{1+0.66+0.50} = -0,23$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \frac{0.50}{1+0.66+0.50} = -0,11$$

$$\mu_{BG} = -\frac{1}{2} * \frac{0.66}{1+0.66+0.50} = -0,15$$

$$\Sigma = -0,49$$

Nodo D:

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} * \frac{0.50}{0.50+0.33} = -0,30$$

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} * \frac{0.33}{0.50+0.33} = -0,19$$

$$\Sigma = -0,49$$

Nodo F:

$$\mu_{FE} = -\frac{1}{2} * \frac{0.50}{0.50+0.66+0.47+0.50} = 0,11$$

$$\mu_{FC} = -\frac{1}{2} * \frac{0.66}{0.50+0.66+0.47+0.50} = 0,15$$

$$\mu_{FE} = -\frac{1}{2} * \frac{0.47}{0.50+0.66+0.47+0.50} = 0,11$$

$$\mu_{FE} = -\frac{1}{2} * \frac{0.50}{0.50+0.66+0.47+0.50} = 0,11$$

$$\Sigma = -0,49$$

Nodo H:

$$\mu_{HG} = -\frac{1}{2} * \frac{1}{1+0.33+0.47} = -0,27$$

$$\mu_{HA} = -\frac{1}{2} * \frac{0.33}{1+0.33+0.47} = -0,09$$

$$\mu_{HI} = -\frac{1}{2} * \frac{0.47}{1+0.33+0.47} = -0,13$$

$$\Sigma = -0,49$$

- Momentos de empotramiento carga muerta UBC 97  $W_u = 1,4D$ :

$$M = \frac{-WL^2}{12}$$

$$M_{AB} = -0,42 \text{ ton-m}$$

$$M_{BA} = 0,42 \text{ ton-m}$$

$$M_{BC} = -1,66 \text{ ton-m}$$

$$M_{CB} = 1,66 \text{ ton-m}$$

$$M_{CD} = -1,66 \text{ ton-m}$$

$$M_{DC} = 1,66 \text{ ton-m}$$

$$M_{HG} = -0,69 \text{ ton-m}$$

$$M_{GH} = 0,69 \text{ ton-m}$$

$$M_{GF} = -2,76 \text{ ton-m}$$

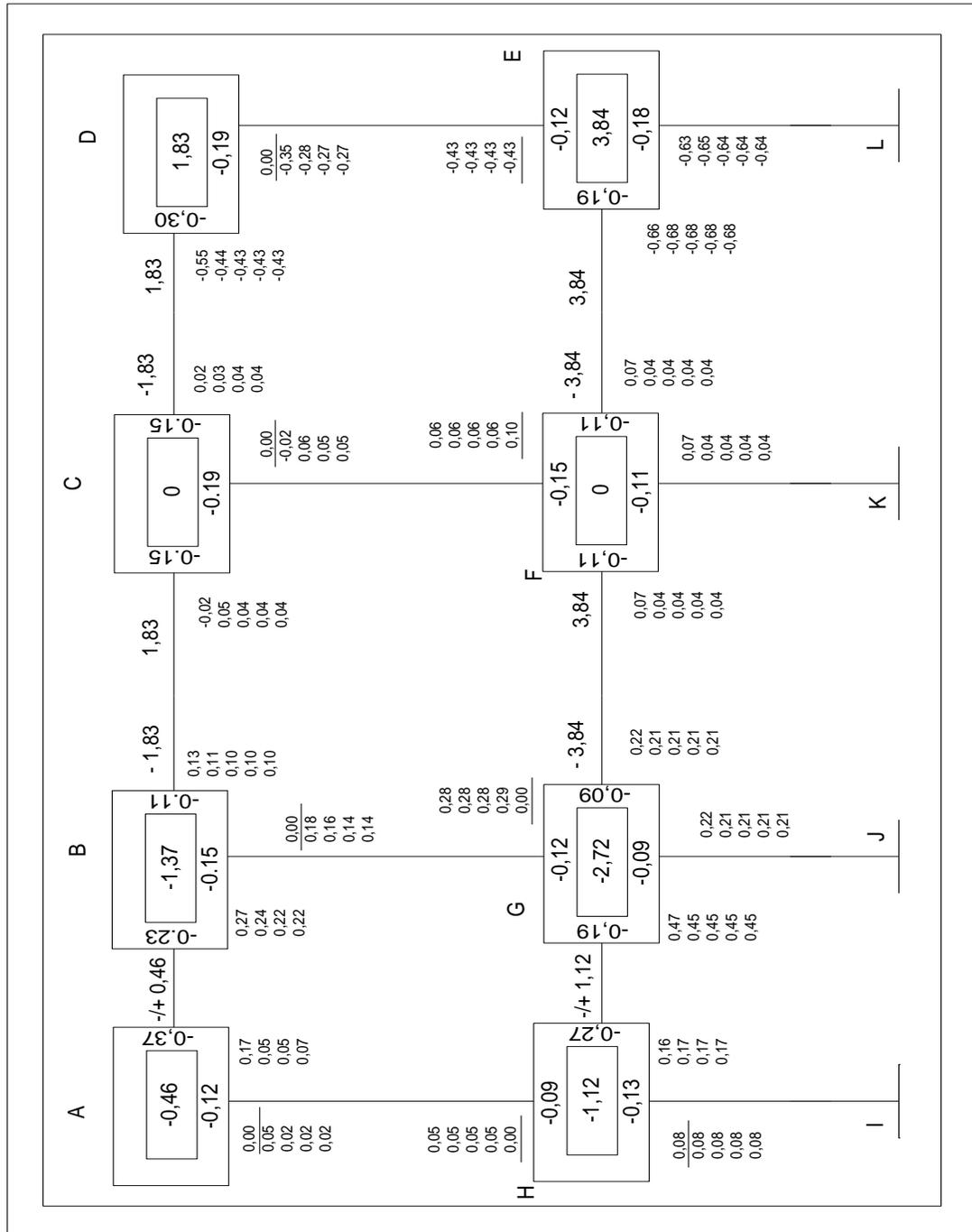
$$M_{FG} = 2,76 \text{ ton-m}$$

$$M_{FE} = -2,76 \text{ ton-m}$$

$$M_{EF} = 2,76 \text{ ton-m}$$



Figura 13. Iteración A-B-C-D-E-F-G-H por método Kanni para CV



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.



Con los datos obtenidos en las figuras de iteración de Kanni se obtiene los momentos finales por la aplicación de carga muerta, viva y carga sismo, mostrado en la siguiente tabla XV.

Tabla XV. **Momentos finales en marco por método de Kanni**

| Tramo | Momento CM T-m | Momento CV T-m | Momento Sismo T-m |
|-------|----------------|----------------|-------------------|
| A-B   | -0,08          | -0,002         | -2,52             |
| B-A   | 0,89           | 0,16           | -0,95             |
| B-C   | -1,44          | -0,11          | -2,43             |
| C-B   | 1,84           | 0,35           | -0,34             |
| C-D   | -1,99          | -0,30          | -2,79             |
| D-C   | 0,86           | 0,21           | -1,91             |
| H-G   | -0,20          | -0,10          | -5,12             |
| G-H   | 1,46           | 0,72           | -4,06             |
| G-F   | -2,41          | -1,17          | -5,01             |
| F-G   | 2,98           | 1,44           | -1,55             |
| F-E   | -3,18          | -1,57          | -5,49             |
| E-F   | 1,83           | 0,85           | -3,82             |
| A-H   | 0,06           | 0,12           | -2,21             |
| H-A   | 0,06           | 0,09           | -2,21             |
| B-G   | 0,57           | 0,70           | -1,15             |
| G-B   | 0,48           | 0,56           | -1,15             |
| C-F   | 0,13           | 0,17           | -1,44             |
| D-E   | -0,86          | -1,13          | -3,01             |
| E-D   | -0,82          | -0,97          | -2,99             |
| H-I   | 0,03           | 0,08           | -4,99             |
| I-H   | 0,06           | 0,16           | -4,97             |
| I-K   | 0,16           | 0,21           | -3,36             |
| F-K   | 0,03           | 0,08           | -3,42             |
| K-F   | 0,06           | -0,64          | -5,30             |
| E-L   | -0,45          | -0,64          | -5,59             |
| L-E   | -0,90          | -1,28          | -5,59             |

Fuente: elaboración propia.

Para efecto de análisis estructural se utilizó el software ETABS V.9.2, para la obtención de los momentos en cada uno de los elementos estructurales, luego se realizó una comprobación; a través del método numérico de Kanni, concluyendo que los resultados variaron en un porcentaje mínimo del 7 %.

### **2.2.11. Momentos últimos por envolventes de momentos**

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que ocurren al superponer los efectos de las cargas muerta, viva, y sismo, las combinaciones que se usan son del código ACI 318-08 para concreto reforzado. La fuerza de corte y momentos flectores, se toman a rostro para el diseño estructural. Para el diseño se toman los valores máximos.

Para los momentos últimos negativos en vigas y columnas:

$$M_{(-)} = 0,75 (1,4 MCM + 1,7 MCV \pm 1,87 MS)$$

Para los momentos últimos de inversión en vigas:

$$M_{(-)} = 0,9MCM + 1,43MS$$

Para los momentos últimos positivos en vigas:

$$M_{(+)} = 1,4MCM + 1,7MCV$$

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales, de los marcos se obtienen de las siguientes ecuaciones:

Corte en vigas:

$$V_v = 0,75 \frac{1,4(W_{C,M,*L})}{2} + \frac{1,7(W_{C,V,*L})}{2} + \frac{1,87}{L} M_s$$

Corte en columnas

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

Ejemplo de cálculo de la envolvente en los marcos analizados

- Eje 2 tramo de B-C segundo nivel:

$$M_{B(-)} = 0,75 (1,4 * -1 440 + 1,7 * -110 - 1,87 * 2 430) = -2 341 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,90 * 1 440 + 1,43 * 2 430 = 4 771 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 1,4 * 1 440 + 1,7 * 110 = 2 203 \text{ Kg-m}$$

$$M_{C(-)} = 0,75 (1,4 * 1 840 + 1,7 * 350 + 1,87 * 340) = 2 855 \text{ Kg-m}$$

$$M_{C(-)} = 0,90 * 1 840 + 1,43 * 340 = 2 142 \text{ Kg-m}$$

$$M_{C(+)} = 1,4 * 1 840 + 1,7 * 350 = 3 171 \text{ Kg-m}$$

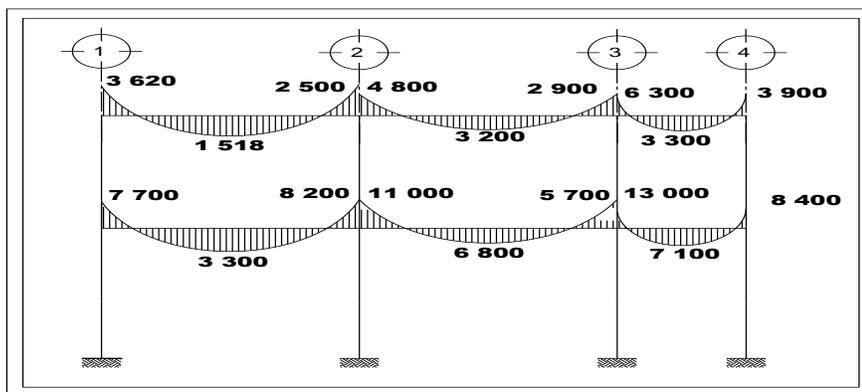
$$V_v = 0,75 \frac{1,4 * 888 * 4}{2} + \frac{1,7 * 200 * 4}{2} + \frac{1,87(2 430 + 340)}{4} = 3 346 \text{ kg}$$

$$M_{COL(-)} = 0,75 (1,4 * 570 + 1,7 * 700 + 1,87 * 1 150) = 3 104 \text{ Kg-m}$$

$$M_{COL(-)} = 0,75 (1,4 * 1\,480 + 1,7 * 560 + 1,87 * 1\,150) = 2\,831 \text{ Kg-m}$$

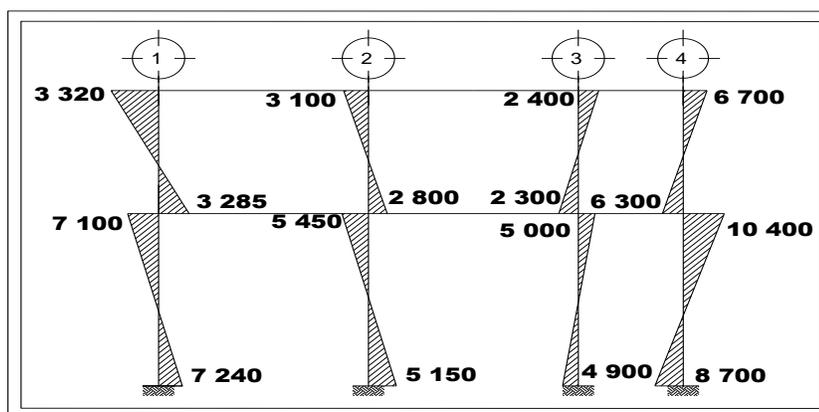
$$V_c = \frac{(3\,104 + 2\,831)}{3} = 1\,978 \text{ Kg}$$

Figura 15. Diagrama de momentos últimos en vigas (kg-m) eje Y



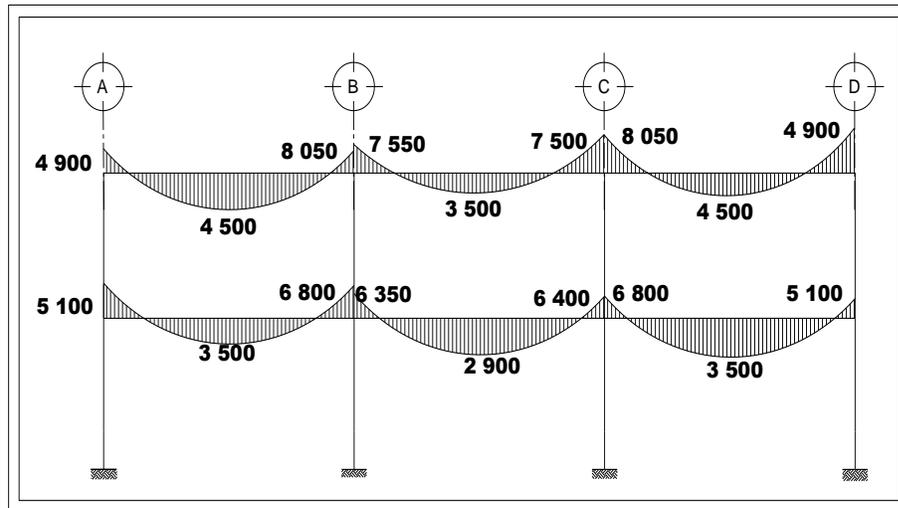
Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 16. Diagrama de momentos últimos en columnas (kg-m) eje Y



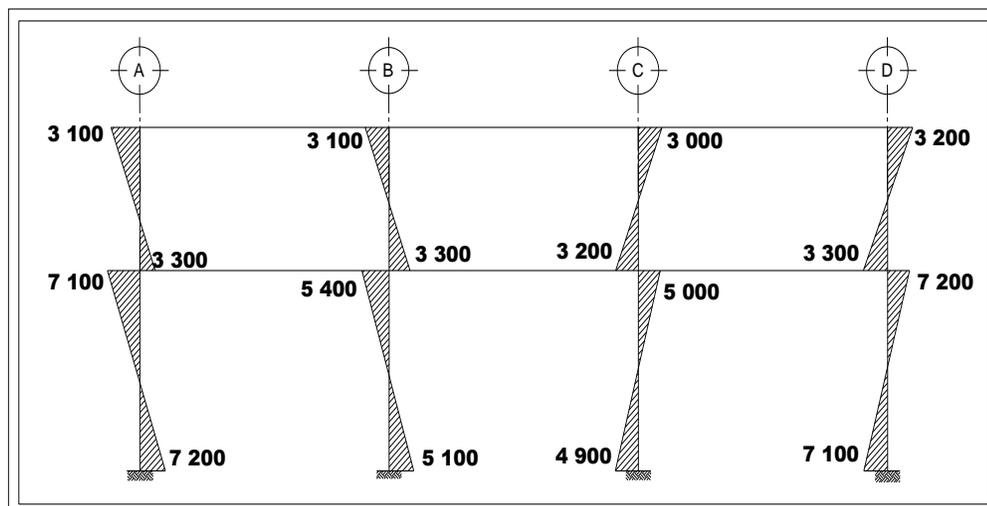
Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 17. Diagrama de momentos últimos en vigas (kg-m) eje X



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 18. Diagrama de momentos últimos en columnas (kg-m) eje X

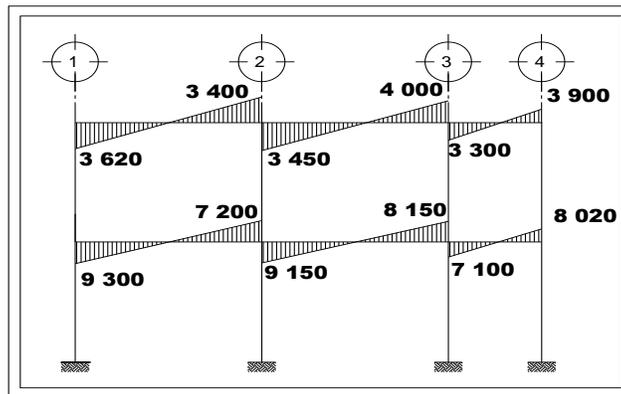


Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.2.12. Diagrama de corte en marcos dúctiles

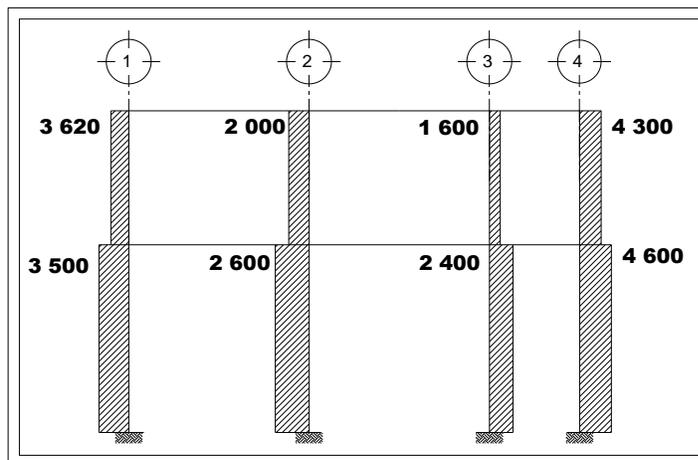
Los diagramas de cortantes se muestran en las figuras 19, 20, 21 y 22.

Figura 19. Diagrama de cortes últimos en vigas (kg-m) eje Y



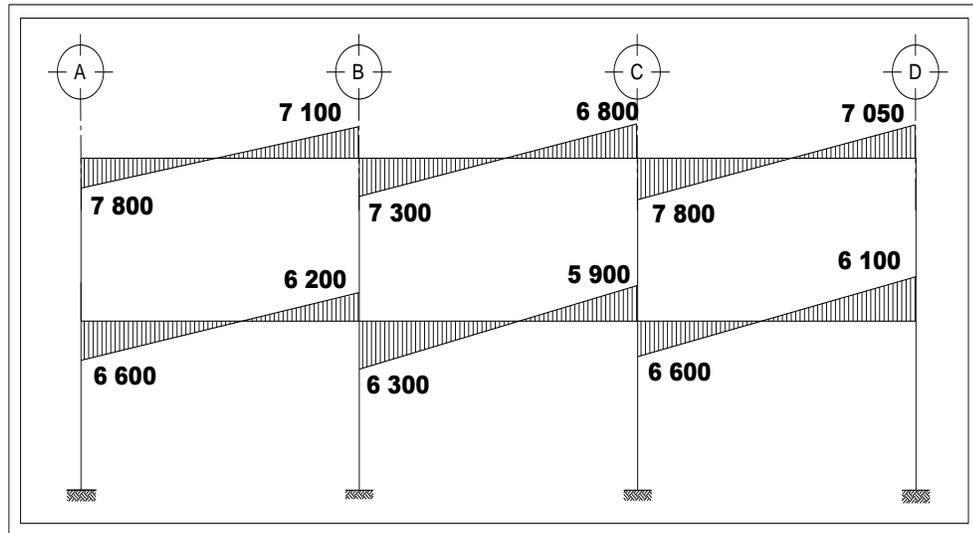
Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 20. Diagrama de cortes últimos en columnas (kg-m) eje Y



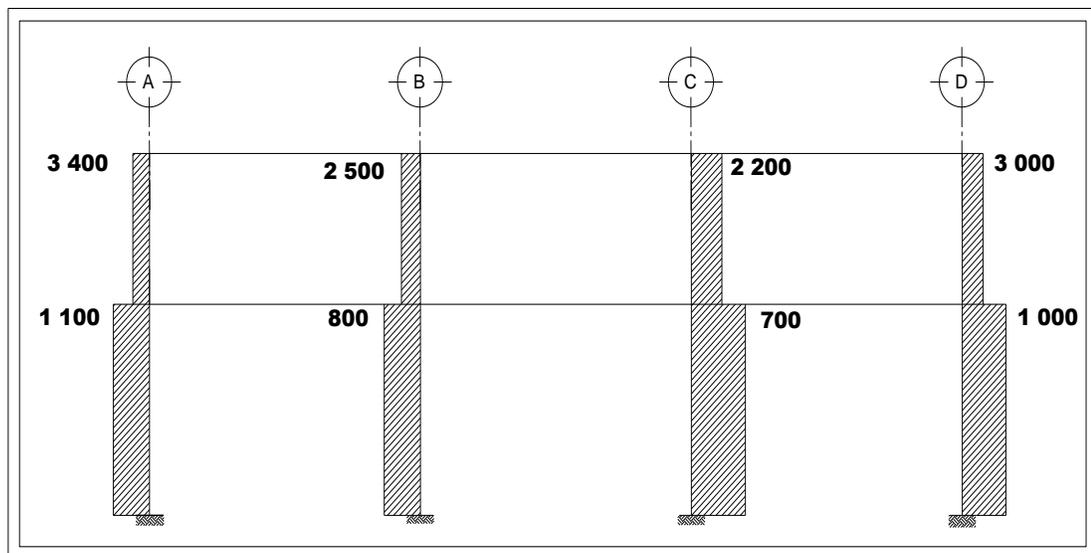
Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 21. Diagrama de cortes últimos en vigas (kg-m) eje X



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 22. Diagrama de cortes últimos en columnas (kg-m) eje X



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.2.13. Diseño de elementos estructurales

El diseño estructural es la actividad que se realiza por medio de una serie de cálculos, con el fin de definir las características detalladas de los distintos elementos estructurales que componen a una estructura. Para el diseño estructural de esta edificación, se usan los siguientes datos generales:

- Materiales

$$F_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15\,100 \cdot (F'_c)^{1/2} \text{ kg/cm}^2$$

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

$$W_s = 1\,500 \text{ kg/m}^3$$

- Recubrimiento de elementos

$$\text{Cimientos} = 0,075 \text{ m}$$

$$\text{Columnas} = 0,03 \text{ m}$$

$$\text{Vigas} = 0,04 \text{ m}$$

$$\text{Losas} = 0,025 \text{ m}$$

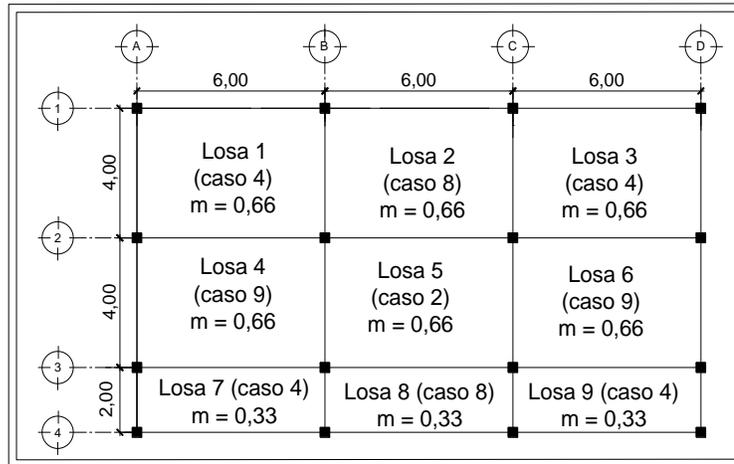
#### 2.2.13.1. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen de la intemperie, como entrepisos para transmitir cargas verticales ó como diafragmas para transmitir cargas horizontales.

#### 2.2.13.2. Losas del nivel 1

Espesor de la losa: el espesor de la losa se encuentra en la sección 2,2,6 Predimensionamiento de elementos estructurales en el inciso C y se determinó un  $t_{\text{losa}} = 0,12 \text{ m}$ .

Figura 23. **Planta típica distribución de losas**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

- Cálculo de cargas:

Datos:

|                 |   |                       |
|-----------------|---|-----------------------|
| Espesor de losa | = | 0,12 m                |
| Plosa           | = | 288 kg/m <sup>2</sup> |
| Mezclon + piso  | = | 144 kg/m <sup>2</sup> |
| Pmuros          | = | 150 kg/m <sup>2</sup> |
| CM.total        | = | 582 kg/m <sup>2</sup> |
| CV.pasillos     | = | 500 kg/m <sup>2</sup> |
| CV.aulas        | = | 350 kg/m <sup>2</sup> |

- Carga última o carga de diseño:

$$CU = 1,4*(C.M.) + 1,7*(C.V.)$$

Losas 1, 2, 3, 4, 5 y 6

$$CU=1,4(582)+1,7(350)=1\ 410\text{ kg/m}^2 \cdot (1\text{ m})$$

$$CUu=1\ 410\text{ kg/m}$$

Losas 7, 8 y 9

$$CU=1,4(582)+1,7(500)=1\ 665\text{ kg/m}^2 \cdot (1\text{ m})$$

$$CUu=1\ 665\text{ kg/m}$$

Momentos actuantes:

Las fórmulas para calcular los momentos, son los siguientes:

$$M_{A(-)} = C \cdot CUu \cdot A^2 \quad M_{A(+)} = C \cdot CUu \cdot A^2 + C \cdot CVUu \cdot A^2$$

$$M_{B(-)} = C \cdot CUu \cdot B^2 \quad M_{B(+)} = C \cdot CUu \cdot B^2 + C \cdot CVUu \cdot B^2$$

Donde:

C = coeficiente de tablas ACI 318

a = dimensión del lado corto considerado de la losa

b = dimensión del lado largo considerado de la losa

Relación m:

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

$$m_{1,2,3 \text{ y } 4} = \frac{4,00}{6,00} = 0,67$$

$$m_{5 \text{ y } 6} = \frac{2,00}{6,00} = 0,33$$

Las losas que actúan en dos sentidos son 1, 2, 3 y 4.

- Cargas últimas aplicadas con una franja unitaria de un metro:

$$CVU_u = 1,7(350) = 595 \text{ kg/m (aulas)}$$

$$CMU_u = 1,4(582) = 815 \text{ kg/m (pasillos y aulas)}$$

$$CVU_u = 1,7(500) = 850 \text{ kg/m (pasillos)}$$

Utilizando las fórmulas y cálculos anteriores se procede a calcular los momentos respectivos:

Losa 1 y 3 (Caso 4)

$$M_{A(-)} = 0,085 * 1\ 665 * 6^2 = 5\ 095 \text{ Kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,050 * 815 * 6^2 + 0,062 * 595 * 6^2 = 2\ 795 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,015 * 1\ 665 * 4^2 = 400 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,009 * 815 * 4^2 + 0,011 * 595 * 4^2 = 222 \text{ Kg-m}$$

Losa 2 (Caso 8)

$$M_{A(-)} = 0,074 * 1\ 665 * 6^2 = 4\ 435 \text{ Kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,044 * 815 * 6^2 + 0,059 * 595 * 6^2 = 2\ 555 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,015 * 1\ 665 * 4^2 = 400 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,009 * 815 * 4^2 + 0,011 * 595 * 4^2 = 353 \text{ Kg-m}$$

Losa 4 y 6 (Caso 9)

$$M_{A(-)} = 0,083 * 1\ 665 * 6^2 = 4\ 974 \text{ Kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,034 * 815 * 6^2 + 0,054 * 595 * 6^2 = 2\ 154 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,008 * 1\ 665 * 4^2 = 213 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,005 * 815 * 4^2 + 0,009 * 595 * 4^2 = 151 \text{ Kg-m}$$

Losa 5 (Caso 2)

$$M_{A(-)} = 0,077 * 1\ 665 * 6^2 = 4\ 615 \text{ Kg-m}$$

$$M_{A(+)} = 0,032 * 815 * 6^2 + 0,053 * 595 * 6^2 = 2\ 074 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,014 * 1\ 665 * 4^2 = 373 \text{ Kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,006 * 815 * 4^2 + 0,010 * 595 * 4^2 = 173 \text{ Kg-m}$$

Para las losas que actúan en un sentido losa 7, 8 y 9.

$$M1 = \frac{CU * L^2}{14} \text{ para momentos negativos}$$

$$M2 = \frac{CU * L^2}{10} \text{ para momentos intersección}$$

$$M3 = \frac{CU * L^2}{9} \text{ para momentos positivos}$$

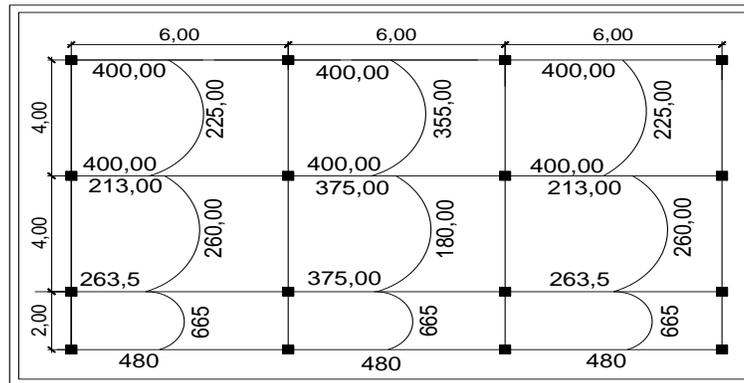
$$M1 = \frac{1\ 665 * 2^2}{14} = 476 \text{ Kg-m}$$

$$M2 = \frac{1\ 665 * 2^2}{10} = 665 \text{ Kg-m}$$

$$M3 = \frac{1\ 665 * 2^2}{9} = 740 \text{ Kg-m}$$

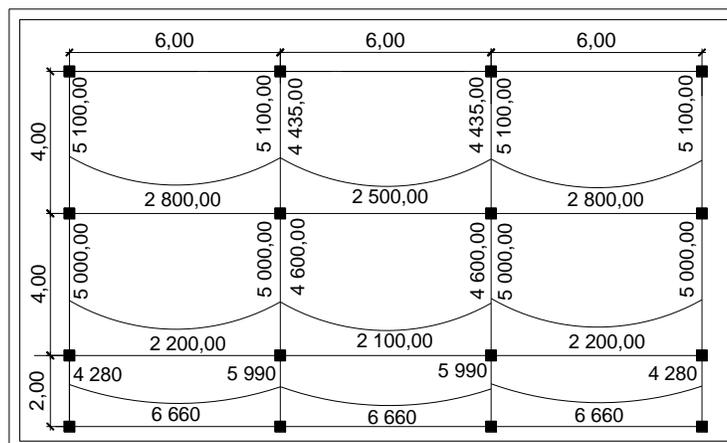
Con el procedimiento anterior se calcularon los momentos en todas las losas, presentando únicamente los resultados, en la figura 24.

Figura 24. **Planta de momentos actuantes en losas típicas – nivel 1, (sentido Y)**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 25. **Planta de momentos actuantes en losas típicas – nivel 1, (sentido X)**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

- Balance de momentos

Cuando dos losas tienen un lado en común y tienen momentos diferentes, se deben balancear dichos momentos antes de proceder a diseñar los refuerzos que requiere. Estos momentos se pueden balancear de la siguiente manera:

Donde:

- $M_1$  = 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

$$\text{Si } 0,80 \cdot M_2 \leq M_1 \longrightarrow M_{\text{balanceado}} = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Siendo  $M_1$  = momento menor y  $M_2$  = momento mayor

Si  $0.80 \cdot M_2 > M_1 \longrightarrow$  se balancea proporcionalmente a su rigidez

|                               |                               |                                |                       |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| $D_1$                         | $D_2$                         |                                |                       |
| $M_1 (+)$                     | $M_2 (-)$                     |                                |                       |
| $M_1 + (M_2 - M_1) \cdot D_1$ | $M_2 - (M_2 - M_1) \cdot D_2$ | $D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2};$ | $K_1 = \frac{1}{L_1}$ |
| $M_{\text{balanceado}}$       | $M_{\text{balanceado}}$       |                                |                       |

Entre losas 1 y 2

$$M_1 = 4\ 435 \qquad M_2 = 5\ 094$$

$$80\ \% \cdot M_2 = 4\ 075 < M_1$$

$$M_{\text{balanceado}} = \frac{4\,435 + 5\,094}{2} = 4\,765 \text{ Kg-m}$$

Entre losas 4 y 5

$$M_1 = 4\,614 \qquad M_2 = 4\,975$$

$$80\% \cdot M_2 = 3\,980 < M_1$$

$$M_{\text{balanceado}} = \frac{4\,614 + 4\,975}{2} = 4\,794 \text{ Kg-m}$$

Entre losas 7 y 8

$$M_1 = 213 \qquad M_2 = 400$$

$$80\% \cdot M_2 = 320 > M_1$$

Procede a hacer el balance proporcionalmente a su rigidez

$$K_1 = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$K_2 = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$D_1 = \frac{0,25}{0,25 + 0,25} = 0,50$$

$$D_2 = \frac{0,25}{0,25 + 0,25} = 0,50$$

$$D_m = 400 - 213 = 187$$

|        |        |
|--------|--------|
| 0,50   | 0,50   |
| 400    | 213    |
| -93,26 | 93,26  |
| 306,29 | 306,29 |

$$M_{\text{balanceado}} = 306,29$$

Entre losas 2 y 4

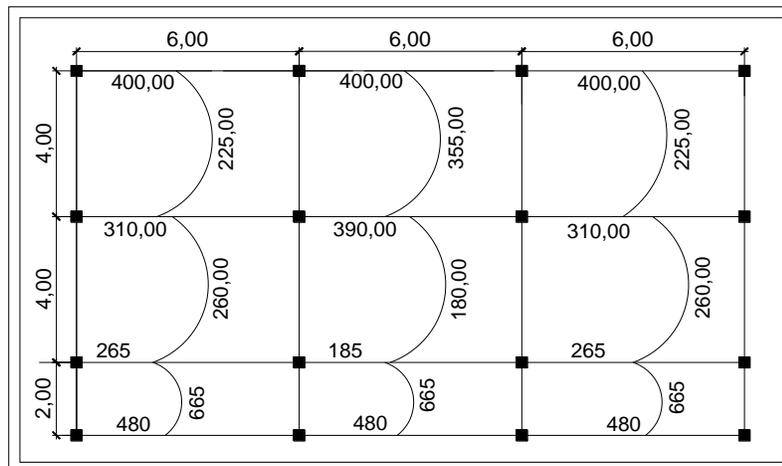
$$M_1 = 373 \quad M_2 = 400$$

$$80 \% \cdot M_2 = 320 < M_1$$

$$M_{\text{balanceado}} = \frac{373 + 400}{2} = 386 \text{ Kg-m}$$

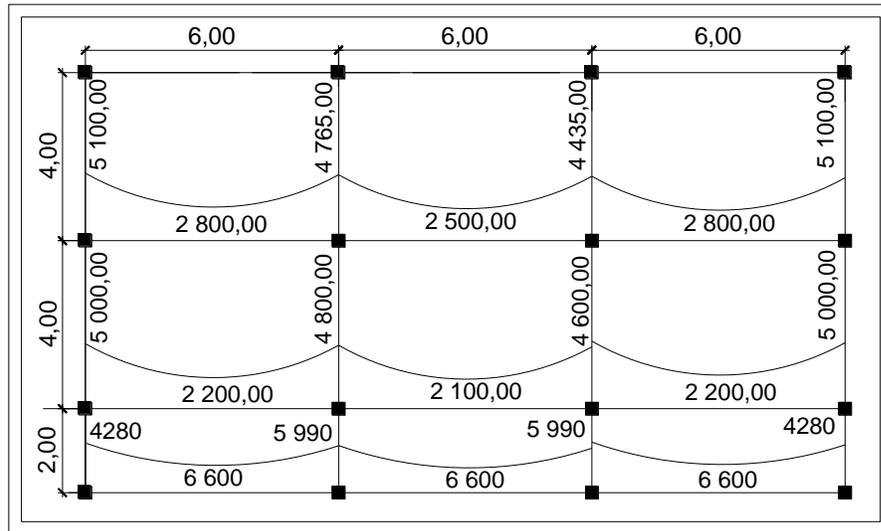
Los resultados del balance de momentos en todos los puntos necesarios pueden observarse en la figura 26.

Figura 26. **Planta de momentos balanceados primer nivel sentido Y(kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 27. **Planta de momentos balanceados primer nivel  
sentido X (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

- Diseño del acero de refuerzo

Para calcular el refuerzo de la losa, se usa el mismo procedimiento usado para el cálculo de una viga, tomando un ancho unitario de 1,00 metros.

- Cálculo del peralte efectivo

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\phi}{2} = 12 \text{ cm} - 2,5 \text{ cm} - \frac{0,953}{2} = 8,98 \text{ cm}$$

- Cálculo de límite de acero

$$A_{smin} = 0,40 \frac{(14,10)}{F_y} * b * d$$

Donde:

b = 100 cm (franja unitaria)

d = peralte efectivo de la losa

$F_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$

$$A_{s\min} = 0,40 \frac{(14,10)}{2\,810} * 100 * 8,98 = 1,80 \text{ cm}^2$$

Con el área de acero mínimo se calcula un espaciamiento (S), considerando una varilla No. 3 que tiene un área de  $0,71 \text{ cm}^2$ . El espaciamiento está dado por  $Se = A_v / A_s$

$$Se = \frac{0,71}{1,80} = 40 \text{ cm}$$

Tomando en cuenta el espaciamiento de la armadura en las secciones críticas, no debe exceder de 2 veces el espesor de la losa según el ACI 318-08 capítulo 13, sección 13.3.2

Chequear el espaciamiento máximo  $Se_{\max} = 2t$

$$Se_{\max} = 2(12 \text{ cm}) = 24 \text{ cm}$$

Por lo tanto, por facilidad en el proceso constructivo se colocará a cada

20cm, entonces  $Se_{\max} = 20 \text{ cm}$

El espaciamiento encontrado es mayor que el espaciamiento máximo, por lo que se procede a encontrar un área de acero mínimo para el espaciamiento máximo por medio de una regla de 3.

$$A_{s\text{mín}} \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow 20 \text{ cm}$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{(0,71 * 100)}{20} = 3,55 \text{ cm}^2$$

El armado queda de la siguiente manera acero No. 3 @ 20 cm

Con el área de acero mínimo encontrado, se procede a encontrar el momento que resiste el área de acero (3,55 cm<sup>2</sup>).

- Cálculo de momento soportado usando  $A_{s\text{mín}}$  encontrado

$$M_{\text{soportado}} = 0,90 A_{s\text{mín}} * F_y \left( d - \frac{A_{s\text{mín}} * F_y}{1,7 f_c * B} \right)$$

$$M_{\text{soportado}} = 0,90 \cdot 3,55 * 2810 \left( 8,98 - \frac{3,55 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) = 781 \text{ kg-m}$$

- Cálculo de áreas de acero

Para los momentos soportados menores se usa  $A_{s\text{mín}}$  y para los momentos soportados mayores se calcula el área de acero y la separación con las siguientes fórmulas:

$$A_s = b \cdot d - \sqrt{b \cdot d^2 - \frac{M_u \cdot b}{0,003825 \cdot f_c} \cdot \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y}}$$

$$S_{(cm)} = \frac{A_v \cdot b}{A_s}$$

Donde

Mu = momento último (kg-m)

b y d = en cm

f<sub>y</sub> y f<sub>c</sub> = en kg/cm<sup>2</sup>

A<sub>s</sub> = cm<sup>2</sup>

- Revisión por corte

Todas las losas están sometidas a esfuerzos de corte, los cuales deben ser resistidos por los materiales que lo conforman. En este caso, por el tipo de losa que se utiliza, dichos esfuerzos deben resistirse únicamente por el concreto; por tal razón, se debe chequear si el espesor de la losa es el adecuado. El procedimiento es el siguiente:

Cálculo del corte máximo actuante:

$$V_{\text{máx}} = \frac{C U_u \cdot L}{2}$$

L = lado corto de la losa que se está analizando

$$V_{\text{máx}} = \frac{1\,410 \cdot 4}{2} = 2\,820 \text{ kg}$$

- Cálculo del corte máximo resistente:

$$V_r = 45 \cdot \sqrt{f_c} \cdot t$$

$$V_r = 45 \cdot \sqrt{210} \cdot 12 = 7\,825 \text{ kg}$$

- Comparación  $V_r$  con  $V_{m\acute{a}x}$ :

Esta comparación sirve para chequear si el espesor ( $t$ ) de la losa, es el adecuado, caso contrario se procede a aumentar ( $t$ ).

Para la losa que se está analizando:

$$V_r > V_{m\acute{a}x}, (7\,825,34 \text{ kg} > 2\,820 \text{ kg})$$

Por lo que se concluye que el espesor es el adecuado

Tabla XVI. **Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 1 eje X**

| <b>Momento<br/>(M)</b> | <b>Área de acero<br/>(cm<sup>2</sup>)</b> | <b>No.<br/>Varilla</b> | <b>Espaciamiento<br/>S (cm)</b> |
|------------------------|---|------------------------|---------------------------------|
| 2 795                  | 14,03                                     | 4                      | 10                              |
| 2 554                  | 12,64                                     | 4                      | 10                              |
| 2 154                  | 10,43                                     | 4                      | 12                              |
| 2 074                  | 10,01                                     | 4                      | 12                              |
| 740                    | 3,35                                      | 3                      | 20                              |
| 665                    | 3,00                                      | 3                      | 20                              |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 1 eje Y**

| <b>Momento (M)</b> | <b>Área de acero (cm<sup>2</sup>)</b> | <b>No. Varilla</b> | <b>Espaciamiento (S cm)</b> |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 213                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 306                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 400                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 373                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 386                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 400                | As min                                | 3                  | 20                          |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.13.3. Losas del nivel 2

Para el diseño de las losas del nivel 2, se siguió el mismo procedimiento anterior, usado para las losas del nivel 1.

Tabla XVIII. **Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 2 eje X**

| <b>Momento (M)</b> | <b>Área de acero (cm<sup>2</sup>)</b> | <b>No. Varilla</b> | <b>Espaciamiento S (cm)</b> |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 2795               | 14,03                                 | 4                  | 10                          |
| 2554               | 12,64                                 | 4                  | 10                          |
| 2154               | 10,43                                 | 4                  | 12                          |
| 2074               | 10,01                                 | 4                  | 12                          |
| 740                | 3,35                                  | 3                  | 20                          |
| 665                | 3,00                                  | 3                  | 20                          |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 2 eje Y**

| <b>Momento (M)</b> | <b>Área de acero (cm<sup>2</sup>)</b> | <b>No. Varilla</b> | <b>Espaciamiento (S cm)</b> |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 213                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 306                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 400                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 373                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 386                | As min                                | 3                  | 20                          |
| 400                | As min                                | 3                  | 20                          |

Fuente: elaboración propia.

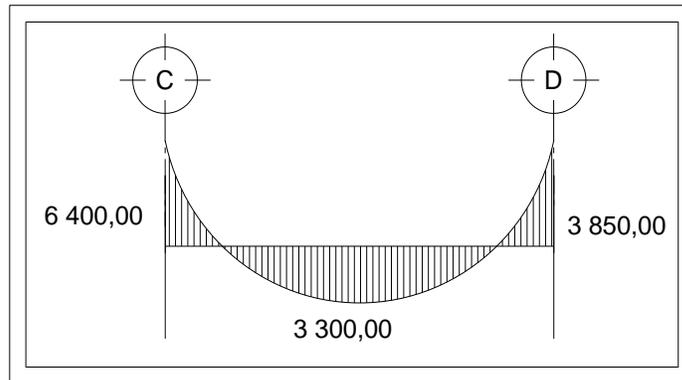
#### **2.2.13.4. Diseño de vigas**

Las vigas son los elementos que reciben las cargas de las losas y las transmiten a las columnas, estas trabajan fundamentalmente a flexión, serán diseñadas por el método de resistencia última, que se basa en la suposición de que los elementos fallan cuando alcanzan su resistencia última, utilizando cargas factorizadas y reduciendo la resistencia de los materiales por medio del factor de reducción ( $\phi$ ), dicho factor varía según las condiciones del miembro estructural (flexión, corte o compresión).

Los datos necesarios para su diseño son los momentos y cortes actuantes últimos, que se toman del análisis estructural.

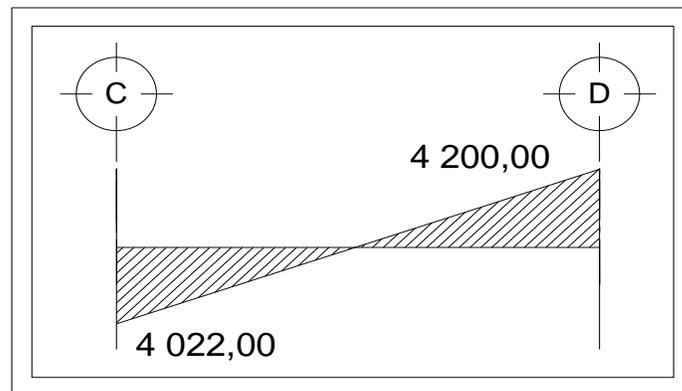
El procedimiento para el diseño se ejemplifica a continuación tomando la viga del eje Y segundo nivel con los momentos críticos.

Figura 28. **Diagrama de momentos últimos en la viga tipo 2**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 29. **Diagrama de cortes últimos en la viga tipo 2**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Límites de acero: antes de diseñar el refuerzo longitudinal en la viga, se calculan los límites dentro de los cuales debe estar éste; esto se realiza usando los siguientes criterios:

Sección = 0,20 m\*0,40 m; peralte efectivo 0,36 m.

Datos:

$$\begin{array}{llll} f'c & = & 210 \text{ kg/cm}^2 & M(-)1 = 6\,385 \text{ kg-m} \\ f_y & = & 2\,810 \text{ kg/cm}^2 & M(-)2 = 3\,850 \text{ kg-m} \\ d & = & 36 \text{ cm} & M(+) = 3\,296 \text{ kg-m} \\ b & = & 20 \text{ cm} & V_u = 4\,022 \text{ kg} \end{array}$$

- Calcular área de acero  $A_{s_{\min}}$ :

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d; \quad \rho_{\min} = \frac{14,1}{f_y}$$

Donde:

$$\begin{array}{ll} A_{s_{\min}} & = \text{área de acero mínimo} \\ \rho_{\min} & = \text{cuantía de acero mínimo} \end{array}$$

$$\rho_{\min} = \frac{14,1}{2\,810} = 0,0050$$

$$A_{s_{\min}} = 0,0050 * 20 \text{ cm} * 36 \text{ cm} = 3,61 \text{ cm}^2$$

- Calcular área de acero  $A_{s_{\max}}$ :

$$A_{s_{\max}} = \Phi * \rho_{\text{bal}} * b * d; \quad \rho_{\text{bal}} = \frac{\beta_1 * 0,85 * f'c}{f_y} * \frac{6\,090}{6\,090 + f_y}$$

Donde:

$$\begin{array}{ll} A_{s_{\max}} & = \text{área de acero máxima} \\ \Phi & = \text{factor reducción según zona sísmica} \\ \rho_{\text{bal}} & = \text{cuantía de acero balanceado} \end{array}$$

$\beta_1$  = factor de reducción  $f'_c$

0,85 y 6090 = constantes

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * 0,85 * 210}{2810} * \frac{6090}{2810 + 6090} = 0,0369$$

$$A_{s_{m\acute{a}x.}} = 0,5 * 0,0369 * 20 * 36 = 13,30 \text{ cm}^2$$

- Calcular área de acero longitudinal requerido  $A_s$

$$A_s = (b*d)^2 \left[ b*d^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'_c} * \frac{0,85 * f'_c}{f_y} \right]$$

Donde:

$A_s$  = área de acero ( $\text{cm}^2$ )

$M_u$  = momento último (kg – m)

$b$  = base de la viga (cm)

$d$  = peralte efectivo de la viga (cm)

$f'_c$  = resistencia del concreto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

En este caso se calculará el tramo A-B, tomando el mayor de los dos momentos negativos, entonces

$$M(-)1 = 6385 \text{ kg-m}$$

$$A_s = (20*36)^2 \left[ 20*36^2 - \frac{6385 * 20}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810} \right] = 7,65 \text{ cm}^2$$

$$M(+)= 3\,296 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \frac{(20 \cdot 36)^2}{20 \cdot 36} - \frac{3\,296 \cdot 20}{0,003825 \cdot 210} \cdot \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810} = 3,77 \text{ cm}^2$$

Verificando que las áreas de acero requeridas estén dentro del rango

$$A_{s\text{mín}} < A_s < A_{s\text{máx}}$$

$$3,61 \text{ cm}^2 < 7,65 \text{ cm}^2 < 13,30 \text{ cm}^2$$

$$3,61 \text{ cm}^2 < 3,77 \text{ cm}^2 < 13,30 \text{ cm}^2$$

Como se observa en los resultados, todas las áreas requeridas se encuentran dentro del rango.

Luego se procede a proponer diámetros de barras de acero para cubrir los momentos; el capítulo 21 del código ACI 318-05 en la sección 21.3.2.2 da los siguientes parámetros para calcular el refuerzo corrido y los bastones:

- Cama superior

Colocar dos varillas corridas longitudinales como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones:

- $A_{s\text{mín}} = 3,61 \text{ cm}^2$
- $33\% A_{s(-)} \text{ mayor } 7,65 \text{ cm}^2 = 2,52 \text{ cm}^2$

Colocar  $A_{s\text{mín}} = 3,61 \text{ cm}^2$

Armado propuesto 2 varillas corridas No. 5 = 3,91 cm<sup>2</sup>.

Armado final 2 varillas corridas No. 5 = 3,91 cm<sup>2</sup>, As demandado por el momento negativo  $A_s = 7,65 \text{ cm}^2$ , diferencia 3,74 cm<sup>2</sup>, por lo que se debe colocar 3 bastones No. 5 = 3,91 cm<sup>2</sup>, dando en total 7,82 cm<sup>2</sup>.

- Cama inferior

Colocar dos varillas corridas longitudinales como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones:

- $A_{smín} = 3,61 \text{ cm}^2$
- 50%  $A_s(+)$  = 1,89 cm<sup>2</sup>
- 50%  $A_s(-)$  mayor = 3,83 cm<sup>2</sup>

Armado propuesto 2 varillas corridas No. 6 = 5,68 cm<sup>2</sup>.

Para este caso será necesario colocar el 50 %  $A_s(-)$  mayor = 3,83 cm<sup>2</sup>, utilizando 2 varillas corridas No. 6 = 5,68 cm<sup>2</sup>.

Para vigas en la cual la separación de entre camas exceda de 30,50 cm es necesario colocar un refuerzo adicional, para prevenir el agrietamiento causado por fuerzas internas producidas por el fraguado, el código ACI, específica que debe de ser 1,61 cm<sup>2</sup> por cada pie de alto; se colocarán 2 varillas corridas No. 4 ubicadas en el eje neutro de la viga.

Tabla XX. **Distribución de acero para viga eje y**

|           | viga tipo            | Momento | As cm <sup>2</sup> | Armado  |        | Refuerzo transversal No.3   |
|-----------|----------------------|---------|--------------------|---------|--------|---|
| M(-) izq  | segundo nivel de 1-2 | 3 620   | 4,17               | 2 No,5  | 1No, 3 | 1 @ 0,05m + 8 @ 0,09m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+ ) pos |                      | 1 518   | 1,70               | 2 No,5  | -----  |   |
| M(-) der  |                      | 2 470   | 2,80               | 2 No,5  | -----  |   |
| M(-) izq  | segundo nivel de 2-3 | 4 771   | 5,58               | 2 No,,6 | -----  | 1 @ 0,05m + 8 @ 0,09m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+ ) pos |                      | 3 171   | 3,63               | 2 No,5  | -----  |   |
| M(-) der  |                      | 2 855   | 3,25               | 2 No,6  | -----  |   |
| M(-) izq  | segundo nivel de 3-4 | 6 385   | 7,65               | 2 No,5  | 2 No,5 | 1 @ 0,05m + 8 @ 0,09m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+ ) pos |                      | 3 296   | 3,78               | 2 No,5  | -----  |   |
| M(-) der  |                      | 3 850   | 4,44               | 2 No,5  | 1No,3  |   |
| M(-) izq  | primer nivel de 1-2  | 7 630   | 9,11               | 2 No,6  | 2 No,5 | 1 @ 0,05m + 8 @ 0,09m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+ ) pos |                      | 3 268   | 3,74               | 2 No,6  | -----  |   |
| M(-) der  |                      | 8 130   | 9,76               | 2 No,6  | 2 No,6 |   |
| M(-) izq  | primer nivel de 2-3  | 10 981  | 13,70              | 3 No,6  | 2No.,6 | 1 @ 0,05m + 8 @ 0,09m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+ ) pos |                      | 6 807   | 8,04               | 3 No,6  | -----  |   |
| M(-) der  |                      | 5 685   | 6,63               | 3 No,6  | -----  |   |
| M(-) izq  | primer nivel de 3-4  | 10 712  | 13,32              | 3 No,6  | 2No,6  | 1 @ 0,05m + 8 @ 0,09m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+ ) pos |                      | 7 110   | 8,43               | 3 No,6  | -----  |   |
| M(-) der  |                      | 8 363   | 10,07              | 3 No,6  | 1 No,5 |   |

Fuente elaboración propia.

Tabla XXI. **Distribución de acero para viga eje X**

|           | viga tipo            | Momento | Áscm <sup>2</sup> | armado  |                  | Refuerzo transversal No.4   |
|-----------|----------------------|---------|-------------------|---------|------------------|---|
| M(-) izq  | segundo nivel de A-B | 4 900   | 5,74              | 3 No, 5 | -----            | No.4 @ 0,05 m en 0,80 m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+ ) pos |                      | 4 500   | 5,24              | 3 No, 5 | -----            |   |
| M(-) der  |                      | 8 050   | 9,92              | 3 No, 5 | 2 No, 5 +1 No, 3 |   |
| M(-) izq  | segundo nivel de B-C | 7 550   | 9,22              | 3 No, 7 | 1 No, 3          | No.4 @ 0,05 m en 0,80 m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+ ) pos |                      | 3 500   | 4,02              | 3 No, 7 | -----            |   |
| M(-) der  |                      | 7 500   | 9,15              | 3 No, 7 | 1 No, 3          |   |

Continuación de tabla XXI.

|          |                      |       |      |        |                   |   |
|----------|----------------------|-------|------|--------|-------------------|---|
| M(-) izq | segundo nivel de C-D | 8 050 | 9,92 | 3 No,5 | 2 No,5<br>+1 No,3 | No.4 @ 0,05 m en 0,80 m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+) pos |                      | 4 500 | 5,24 | 3 No,5 | -----             |   |
| M(-) der |                      | 4 900 | 5,74 | 3 No,5 | -----             |   |
| M(-) izq | primer nivel de A-B  | 5 100 | 5,18 | 3 No,5 | -----             | No.4 @ 0,05 m en 0,80 m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+) pos |                      | 3 500 | 3,49 | 3 No,5 | -----             |   |
| M(-) der |                      | 6 800 | 7,03 | 3 No,5 | 1 No,4            |   |
| M(-) izq | primer nivel de B-C  | 6 350 | 6,53 | 3 No,5 | 1 No,3            | No.4 @ 0,05 m en 0,80 m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+) pos |                      | 2 900 | 2,88 | 3 No,5 | -----             |   |
| M(-) der |                      | 6 400 | 6,59 | 3 No,5 | 1 No,3            |   |
| M(-) izq | primer nivel de C-D  | 6 800 | 7,03 | 3 No,5 | 1 No, 4           | No.4 @ 0,05 m en 0,80 m + resto @ 0,18m Iniciando en ambos extremos |
| M(+) pos |                      | 3 500 | 3,49 | 3 No,5 | -----             |   |
| M(-) der |                      | 5 100 | 5,18 | 3 No,5 | -----             |   |

Fuente: elaboración propia.

- Diseño de viga a corte

Luego de calcular el armado por flexión, se calcula el refuerzo para resistir los esfuerzos de corte (estribos), el objetivo de colocar acero transversal es: por armado, para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada, y para contrarrestar los esfuerzos de corte; en este caso, de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Cálculo del corte resistente

El corte que resiste el concreto se calcula con la siguiente fórmula:

$$\phi V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

Donde:

- 0,53 = constante
- $\phi$  = factor de reducción de resistencia
- $f'c$  = resistencia del concreto
- b = base de la viga
- d = peralte efectivo de la viga

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 20 * 36 = 4\ 700\ \text{kg}$$

- Comparar corte resistente con corte último

Si  $V_u < V_c$  = la viga necesita estribos solo para armado

Si  $V_u > V_c$  = se diseñan estribos por corte, por medio de la relación de triángulos semejantes dando como resultado las siguientes expresiones:

$$S = \frac{2 * A_v * f_y * d}{V_u}; \quad l = \frac{L}{2} - l'; \quad l' = \frac{V_c * (L/2)}{V_u}$$

Donde:

- S = espaciamiento de estribos cuando  $V_u > V_c$
- $A_v$  = área transversal de la varilla (No, 3)
- L = longitud de confinamiento
- $l'$  = longitud no confinada
- L = longitud de la viga

$$V_{act} = 4\,022 \text{ kg}$$

$$V_r = 4\,700 \text{ kg}$$

El esfuerzo resistente es mayor que el actuante colocar estribos por armado a  $S_{max} = d/2$

$$S = \frac{d}{2} = \frac{36 \text{ cm}}{2} = 18 \text{ cm}$$

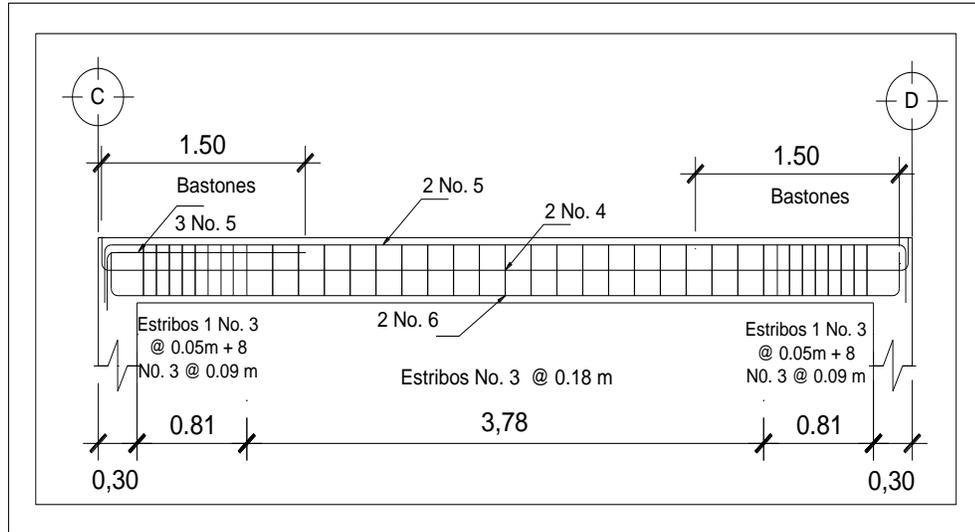
Se propone utilizar estribos No. 3, luego calcular el espaciamiento de los estribos de acuerdo a los requerimientos de la sección 21.3.3.2 del código ACI 318-08.

Para la separación de estribos en zona de confinamiento, según el ACI en su capítulo 21.3.3 el armado debe ser:

- Colocar estribos para confinamiento en extremos del elemento, en una longitud igual a dos veces la altura del elemento
- $S = 2d = 2 \cdot 36 = 72 \text{ cm}$
- El primer estribo debe estar a no más de 5 cm del borde de la columna
- El espaciamiento máximo de los elementos no debe exceder a:
  - $d/4 = 36/4 = 9 \text{ cm}$
  - $8 \cdot \emptyset_{\text{barra longitudinal}} = (8) (1,587) = 12,69 \approx 12 \text{ cm}$
  - $24 \cdot \emptyset_{\text{barra de estribo}} = (24) (0,9525) = 22,86 \text{ cm}$
  - 300 mm. → 30 cm

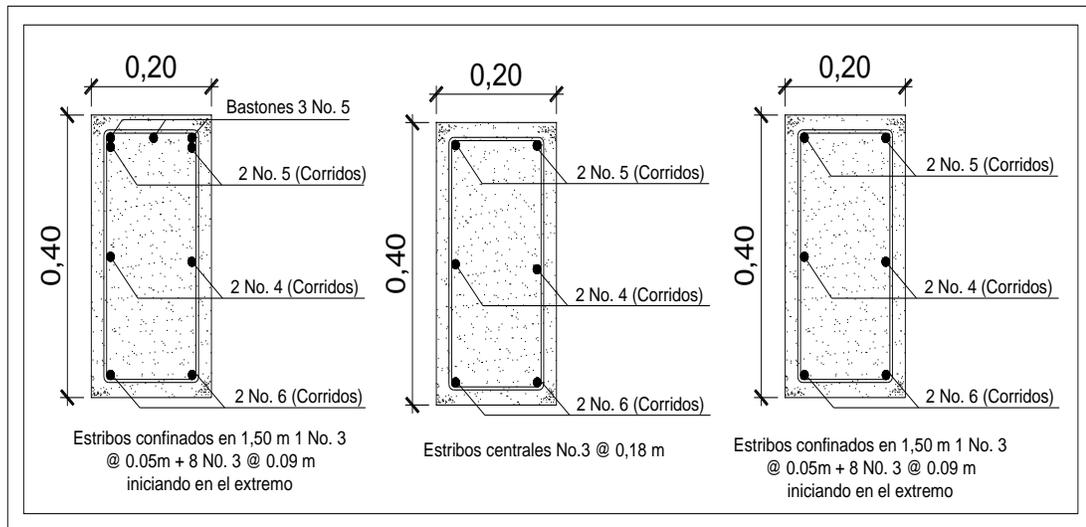
Por lo tanto la separación de estribos en la zona de confinamiento debe ser de 9 cm y el resto a 18 cm.

Figura 30. Armado Viga C-D eje 4, segundo nivel



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 31. Sección de viga C-D eje 4, segundo nivel



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.2.13.5. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, esta carga se determina por áreas tributarias. Los elementos flexionantes son tomados del análisis estructural, y se toma, para diseñar la columna, el mayor de los dos momentos actuantes en los extremos de la columna.

Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del edificio de aulas, aplicándole en la columna del nivel 2.

- Segundo nivel

Datos:

|                     |   |                      |
|---------------------|---|----------------------|
| Sección de columna  | = | 30cm*30cm            |
| Sección de viga     | = | 20cm*40cm            |
| Longitud de columna | = | 2,60 m               |
| Área tributaria     | = | 24,00 m <sup>2</sup> |
| Mx                  | = | 2 910 kg-m           |
| My                  | = | 3 100 kg-m           |

Determinación de carga axial:

$$CU = 1,4 CM + 1,7 CV$$
$$CU = 1,4 (0,12 \cdot 2\,400 + 60) + 1,7 (200) = 827 \text{ Kg/m}^2$$

Cálculo del factor de carga última:

$$FCU = \frac{CU}{CM+CV} = \frac{827}{348 + 200} = 1,51$$

Peso de viga:

$$Pv = b \cdot h \cdot \gamma \text{ concreto} \cdot L$$

$$Pv = 0,20 \cdot 0,40 \cdot 2\,400 \cdot 5,70 = 1\,095 \text{ kg}$$

Cálculo de la carga axial última:

$$Pu = (\text{área tributaria} \cdot CU) + (Pvigas \cdot FCU)$$

$$Pu = (24,00 \cdot 827) + (1\,095 \cdot 1,51) = 21\,506 \text{ Kg}$$

- Clasificar las columnas por su esbeltez (E)

Las columnas se clasifican según su esbeltez, con el objetivo de ubicarlas en un rango, para determinar su comportamiento bajo cargas sometidas y diseñarlas con base este criterio.

- Columnas cortas ( $E < 22$ ): diseñarlas con los datos originales del diseño estructural.

- Columnas intermedias ( $22 > E > 100$ ): diseñarlas magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas ( $E > 100$ ): no construirlas.

La ecuación a utilizar es  $E = KLu \sigma$ , por lo que es necesario encontrar los valores del coeficiente de rigidez de la columna (K), la longitud efectiva de pandeo  $l_u$  y el 30 % del lado menor de la columna  $l_c$ .

Cálculo de coeficiente que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas ( $\Psi$ ), se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$\Psi = \frac{K_{\text{columna}}}{K_{\text{viga}}}; \quad k = \frac{l}{L}; \quad I = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} 0,3 \cdot 0,3^3 = 0,000675 \text{ m}^4; \quad k_{\text{columna}} = \frac{0,000675}{2,60} = 0,00026 \text{ m}^3$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} 0,2 \cdot 0,4^3 = 0,001066 \text{ m}^4; \quad k_{\text{viga}} = \frac{0,001066}{5,70} = 0,000187 \text{ m}^3$$

$$\Psi_a = \frac{0,00026}{0,000187 + 0,000187} = 0,69$$

$$\Psi_b = \frac{0,00026 + 0,00026}{0,000187 + 0,000187} = 1,39$$

$$\Psi_{\text{prom}} = \frac{0,69 + 1,39}{2} = 1,04$$

Cálculo del coeficiente K

$$K = \frac{20 - \psi_{\text{prom}}}{20} * \frac{1}{1 + \psi_{\text{prom}}} \quad \text{Para } \psi_{\text{prom}} < 2$$

$$K = 0,90 * \frac{1}{1 + \psi_{\text{prom}}} \quad \text{Para } \psi_{\text{prom}} \geq 2$$

$$K = \frac{20 - 1,04}{20} * \frac{1}{1 + 1,04} = 1,35$$

$$E = \frac{K * Lu}{\sigma}$$

$$E = \frac{K * Lu}{0,30 * 0,30} = \frac{1,35 * 2,60}{0,30 * 0,30} = 39,00 > 22;$$

Por lo tanto se clasifica como una columna intermedia y se procede a magnificar momentos.

- Magnificación de momentos

Cuando se hace un análisis estructural de segundo orden, en el cual se toman en cuenta las rigideces reales, los efectos de las deflexiones, los efectos de la duración de la carga y cuyo factor principal a incluir es el momento debido a las deflexiones laterales de los miembros, se pueden diseñar las columnas utilizando directamente los momentos calculados.

Por otro lado, si se hace un análisis estructural convencional de primer orden, como en este caso, en el cual se usan las rigideces relativas

aproximadas y se ignora el efecto de los desplazamientos laterales de los miembros, es necesario modificar los valores calculados con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos del desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI de magnificación de momentos descrito a continuación:

Sentido X

Factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta_d = \frac{C,M,U}{C,U} = \frac{1,4 * 348}{827} = 0,59$$

Calculo del total del material:

$$EI = \frac{E_c * I_g}{2,5 * (1 + \beta_d)}; \quad E_c = 15\,100 \overline{f'_c}; \quad I_g = \frac{1}{12} b * h^3$$

$$E_c = 15\,100 \overline{210} = 218\,819,79 \text{ kg/cm}^2; \quad I_g = \frac{1}{12} 30 * 30^3 = 67\,500 \text{ cm}^4$$

$$EI = \frac{218\,819,79 * 67\,500}{2,5 * (1 + 0,59) * (1 * 10^7)} = 3,71 * 10^9 \text{ kg-cm}^2 \approx 371 \text{ ton-m}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(K * Lu)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 371}{(1,35 * 2,60)^2} = 297 \text{ ton}$$

### Cálculo del magnificador de momentos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}}; \quad \delta > 1 \quad \phi = 0,70 \text{ si se usan estribos}$$

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{21,50}{0,70 * 297}} = 1,11; \quad \delta_y = \frac{1}{1 - \frac{21,50}{0,70 * 297}} = 1,11;$$

Cálculo de momentos de diseño:

$$M_d = \delta * M_u$$

$$M_{dx} = 1,11 * 2\,910 = 3\,260 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 1,11 * 3\,100 = 3\,720 \text{ kg-m}$$

Para calcular el acero longitudinal en la columna, se utilizan los diagramas de interacción, para calcular la carga máxima que resiste la columna con excentricidad en cada sentido, luego se utiliza la fórmula de Bresler para determinar la carga máxima que resiste la columna con excentricidad biaxial. Este método es una aproximación al perfil de la superficie de la falla.

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_o}}$$

Datos:

$$P_u = 21\,506 \text{ kg}$$

$$M_{dx} = 3\,260 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 3\,720 \text{ kg-m}$$

$$\begin{aligned}
 f_c &= 210 \text{ kg/cm}^2 \\
 f_y &= 2810 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Recubrimiento} &= 0,03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites  $1 \% A_g < A_s < 6 \% A_g$ , en zona sísmica.

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{mín}} &= 0,01 (30 * 30) = 9,00 \text{ cm}^2 \\
 A_{s\text{máx}} &= 0,06 (30 * 30) = 54,00 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Se propone un armado 4 No. 6 + 4 No. 5 que equivale a  $19,30 \text{ cm}^2 = 2,14$  por ciento  $A_g$ .

Valores de la curva:

Luego se procede a obtener la cuantía de acero para el diagrama de interacción, la cual se define con la siguiente expresión:

$$\rho_\mu = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f_c * A_g} = \frac{19,30 * 2810}{0,85 * 210 * 900} = 0,33$$

Valor de la gráfica:

Para saber que diagrama de interacción a utilizar se deberá calcular el valor de  $\gamma$  de la siguiente forma:

$$\gamma_{x,y} = \frac{d - d'}{h_x} = \frac{0,27 - 0,03}{0,30} = 0,80$$

Donde:

$\gamma_x, \gamma_y$  = relación de secciones en sentido x e y, respectivamente

$h_x, h_y$  = dimensión de la columna sentido x e y, respectivamente

Cálculo de parámetros independientes:

$$\frac{e}{h_x} = \frac{M_x}{P_u \cdot h_x} = \frac{3\,260}{21\,506 \cdot 0,30} = 0,50 \text{ m}$$
$$\frac{e}{h_y} = \frac{M_y}{P_u \cdot h_y} = \frac{3\,720}{21\,506 \cdot 0,30} = 0,57 \text{ m}$$

Valores de los coeficientes del diagrama de interacción:

$$K'_x = 0,22$$

$$K'_y = 0,38 \text{ ver anexo, diagrama de interacción}$$

Con estos valores se calculan las cargas de resistencia de la columna con ambas excentricidades con el uso de las siguientes fórmulas:

$$P'_x = k'_x \cdot f'_c \cdot A_g = 0,22 \cdot 210 \cdot 900 = 41,58 \text{ ton}$$

$$P'_y = k'_y \cdot f'_c \cdot A_g = 0,38 \cdot 210 \cdot 900 = 71,82 \text{ ton}$$

Por último se debe calcular la carga última que resiste la columna sin excentricidad, esto es carga axial pura, de la siguiente forma:

$$P'_o = \phi (0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st})) + (f_y \cdot A_s)$$

$$P'o = 0,7 * [ (0,85 * 210 * (900 - 19,30) ) + (19,30 * 2 810) ] = 148,00 \text{ ton}$$

Aplicando la fórmula de Bressler:

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'x} + \frac{1}{P'y} - \frac{1}{P'o}} = \frac{1}{\frac{1}{41,58} + \frac{1}{71,82} - \frac{1}{148,00}} = 32,03 \text{ ton}$$

El valor de  $P'u$  debe ser mayor o igual que el valor  $P$  nominal ( $P_n$ ), para que la propuesta de acero sea la correcta, si esto no fuera así se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{21\,506}{0,70} = 30\,722 \text{ kg}$$

$$32,03 \text{ ton} > 30,72 \text{ ton} \quad \text{Cumple}$$

- Cálculo del acero transversal (estribos)

Es necesario proveer de refuerzo transversal a las columnas, por medio de estribos para resistir los esfuerzos de corte. Por otro lado, en zonas sísmicas como en Guatemala, se debe proveer suficiente ductilidad a las columnas, esto se logra por medio del confinamiento de estribos en los extremos de la misma.

El resultado del confinamiento es un aumento en el esfuerzo de ruptura del concreto y además permite una deformación unitaria mayor del elemento.

Verificando la resistencia a corte del concreto de la sección de la columna:

$$\phi V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

- 0,53 = constante
- $\Phi$  = factor de reducción de resistencia
- $f'c$  = resistencia del concreto
- b = base de la columna
- d = peralte efectivo de la columna

$$\square V_R = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 27 = 5\ 288\ \text{kg}$$

$$V_R > V_U$$

$$5\ 288\ \text{Kg.} > 4\ 285\ \text{Kg}$$

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.

$$S = \frac{27}{2} = 13.50\ \text{cm}$$

Comparando el corte resistente con el corte actuante, en cualquier columna de ambos marcos, se observa que solo requiere refuerzo por especificación según ACI 318-05 sección 21.4.4.2 y 21.4.4.4.

La separación del refuerzo transversal ( $S_0$ ) en la zona de confinamiento no debe exceder a la menor de:

- La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento
- Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal

$$S = \frac{A_v}{\rho_s * (h - (2 * rec))}; \quad \rho_s = 0,45 \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \frac{0,85 * f_c}{f_y}$$

$$\rho_s > 0,12 \frac{f_c}{f_y}$$

Sustituyendo datos y asumiendo varilla No. 3 para estribos ( $S_0$ ):

- $30/4 = 7,50 \text{ cm}$
- $6 * 2,54 = 15,24 \text{ cm} \approx 15,00 \text{ cm}$
- $\rho_s > 0,12 \frac{210}{2810} = 0,008$

$$\rho_s = 0,45 \frac{900}{24 * 24} - 1 \frac{0,85 * 210}{2810} = 0,016 > 0,008$$

$$S = \frac{4 * 0,71}{0,016 * (30 - 6)} = 7,39 \text{ cm} = 7 \text{ cms}$$

Se colocaran estribos cerrados No. 3 a cada 5,00 cm en la longitud de confinamiento, a cada extremo de la columna.

La longitud de confinamiento ( $l_0$ ) debe ser la mayor de las siguientes:

- La altura del elemento, en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión = 30 cm
- Un sexto de la luz libre del elemento

$$\frac{(300 - 40)}{6} = 43,00 \text{ cm};$$

- $16 \square \text{ var\_longitudinal} = 16 * 1,905 = 30,48 \text{ cm},$
- $48 \square \text{ var\_trans} = 48 * 0,953 = 45,72 \text{ cm}$

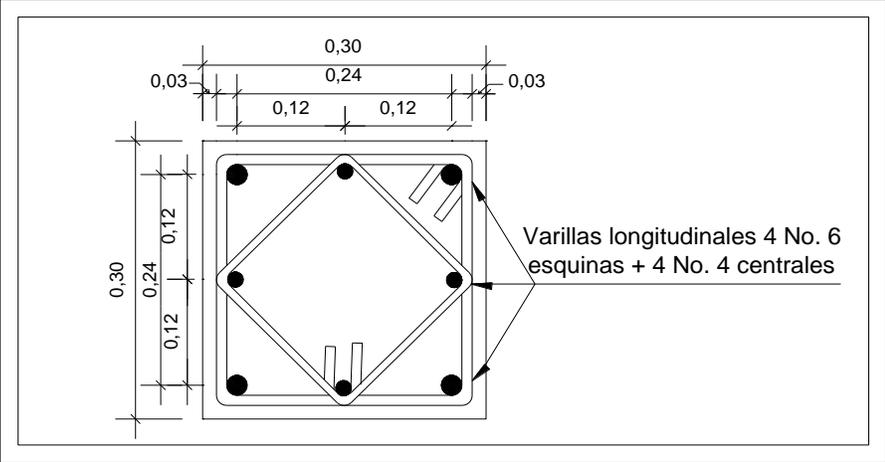
La longitud de confinamiento ( $l_0$ ) será de 0,50 m en ambos extremos de la luz libre de la columna.

La separación de los estribos para la longitud no confinada (S) será de 0.13 m.

Se colocarán estribos cerrados No. 3 rotados a 45° alternados, según el código ACI 318-05, en el capítulo 7.10.5, debido a las barras longitudinales en las caras.

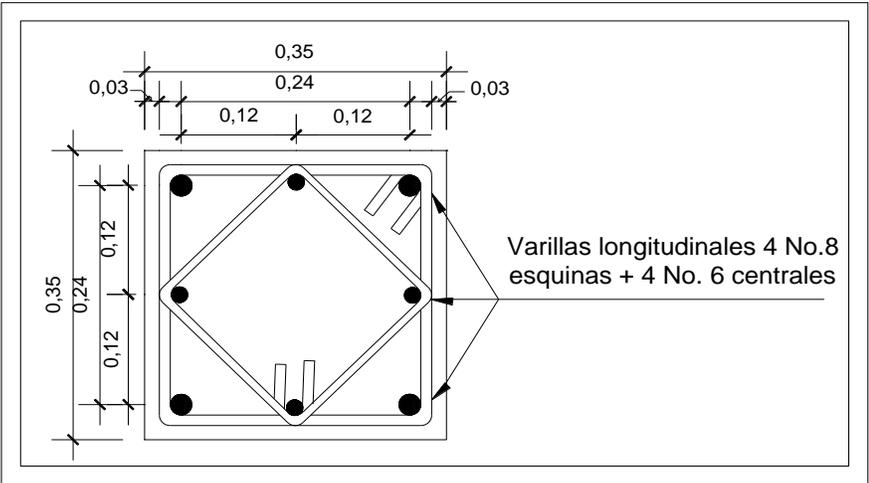
Este procedimiento se aplicó para la columna del segundo nivel, tomando los valores máximos de los momentos y cortes de nivel, dando como resultado refuerzo longitudinal de 4 No. 6 + 4 No. 5 y refuerzo transversal No. 3 @ 5,00 cm en zona de confinamiento de 0.50 m y a cada 13,00 cm en zona no confinada. A continuación se muestran los resultados del diseño.

Figura 32. Sección de columna típica C-1 segundo nivel



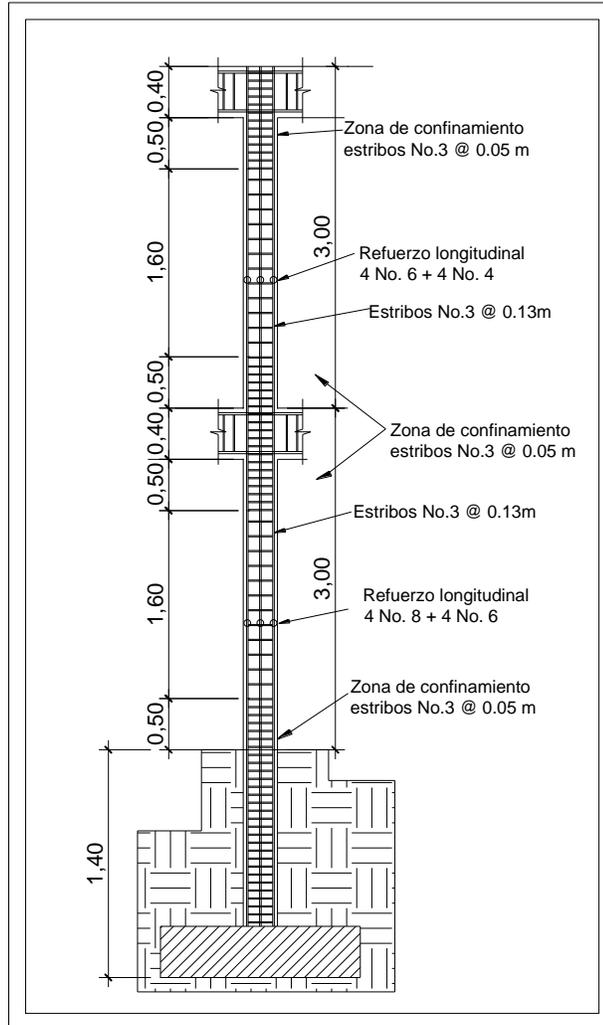
Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 33. Sección de columna típica C-1 primer nivel



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Figura 34. **Detalle de armado de columna típica**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.2.13.6. **Diseño de cimientos**

Cimiento, es aquella parte de la estructura que se coloca; generalmente, por debajo de la superficie del terreno, y que transmite las cargas al suelo o rocas subyacentes.

Los dos requisitos esenciales en el diseño de cimentaciones son: que el asentamiento total de la estructura, esté limitado a una cantidad tolerablemente pequeña y que, en lo posible, el asentamiento diferencial de las distintas partes de la estructura se elimine. Para limitar los asentamientos de la manera indicada es necesario:

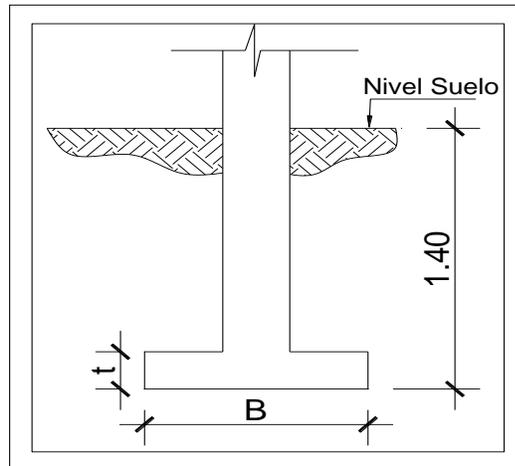
- Transmitir la carga de la estructura hasta un estrato de suelo que tenga la resistencia suficiente
- Distribuir la carga sobre un área suficientemente grande de este estrato para minimizar las presiones de contacto.

#### **2.2.13.7. Zapata concéntrica**

Las zapatas para columnas individuales, son por lo general cuadradas, algunas veces rectangulares y representan el tipo de cimentación más sencillo y económico. Su utilización para columnas exteriores tiene algunas dificultades si los derechos de propiedad impiden la utilización de zapatas que se extiendan más allá de los muros exteriores. En este caso, se utilizan zapatas combinadas para permitir el diseño de una zapata que no se extienda más allá del muro o columna.

Los datos necesarios, se toman del análisis estructural y de los estudios de suelo realizado para el diseño de la zapata son los siguientes:

Figura 35. **Detalle de zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Carga axial:

$$CU = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$CU = 1,4 (0,12 * 2\,400 + 60 + 144 + 150) + 1,7 (700) = 2\,088 \text{ kg/m}^2$$

$$F_{cu} = \frac{2\,088}{642 + 700} = 1,55$$

$$\begin{aligned} \text{Peso viga} &= b * h * \gamma_{\text{concreto}} * L \\ &= (0,25 * 0,40) * 2\,400 * 5,70 = 1\,368 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga axial ultima:

$$\begin{aligned} P_u &= (A_{\text{losa}} * CU) + (P_{\text{viga}} * F_{cu}) \\ P_u &= (24 * 2\,088) + (1\,368 * 1,55) = 52,23 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$PU = Pu1 + Pu2:$$

$$PU = 52,23 \text{ ton} + 21,50 \text{ ton} = 73,73 \text{ ton}$$

Datos:

$$M_x = 4,90 \text{ t-m}$$

$$M_y = 4,96 \text{ t-m}$$

$$P_u = 73,73 \text{ t}$$

$$F_{cu} = 1,55$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,67 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ t/m}^3$$

$$f'_c = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 210 \text{ kg/cm}^2$$

El cálculo del valor soporte del suelo se desarrolló en el capítulo 2.2.3.2  
 $V_s = 23,22 \text{ ton/m}^2$

Cálculo de las cargas de trabajo:

$$P't = \frac{PU}{F_{cu}} = \frac{73,73}{1,55} = 47,56 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{4,90}{1,55} = 3,16 \text{ ton-m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{4,96}{1,55} = 3,20 \text{ ton-m}$$

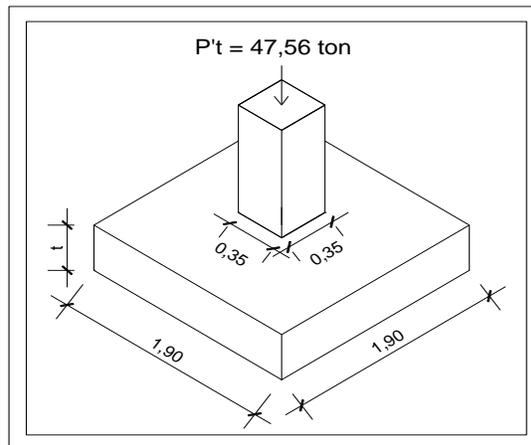
Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5 P't}{V_s} = \frac{1,5 * 47,56}{23,22} = 3,07 \text{ m}^2$$

Se propone usar dimensiones aproximada

$$A_z = 1,90 * 1,90 = 3,61 \text{ m}^2$$

Figura 36. Dimensiones de zapata tipo 1



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Chequeo de presión sobre el suelo: la zapata transmite verticalmente al suelo cargas aplicadas a ella, por medio de la superficie en contacto con éste, ejerciendo una presión cuyo valor se define por la fórmula siguiente:

$$q_{\text{máx}}/q_{\text{mín}} = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M't_x}{S_x} \pm \frac{M't_y}{S_y}; \quad S = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Donde:

- $q_{\text{máx}}$  = presión máxima sobre la masa de suelo  
 $q_{\text{mín}}$  = presión mínima sobre la masa de suelo  
 $P$  = carga sobre la zapata  
 $A_z$  = área de la zapata  
 $M'_{tx}$  = momento de trabajo sobre la zapata en sentido "x"  
 $M'_{ty}$  = momento de trabajo sobre la zapata en sentido "y"  
 $S_x, S_y$  = núcleo de la sección de la zapata sentido "x", "y" respectivamente  
 $a, b$  = longitud del lado de la zapata

$$S_x = S_y = \frac{1,90 * 1,90^2}{6} = 1,14 \text{ m}^3$$

$$q_{\text{máx}}/q_{\text{mín}} = \frac{53,31}{3,61} \pm \frac{3,16}{0,36} \pm \frac{3,20}{0,36}$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{53,31}{3,61} + \frac{3,16}{1,14} + \frac{3,20}{1,14} = 20,34 < V_s$$

$$q_{\text{mín}} = \frac{53,31}{3,61} - \frac{3,16}{1,14} - \frac{3,20}{1,14} = 9,18 > 0$$

Presión última:

$$Q_{\text{diseño}} = q_{\text{máx}} * F_{cu}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 20,34 * 1,55 = 31,53 \text{ ton/m}^2$$

Espesor de zapata: dimensionada el área, se procede a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea

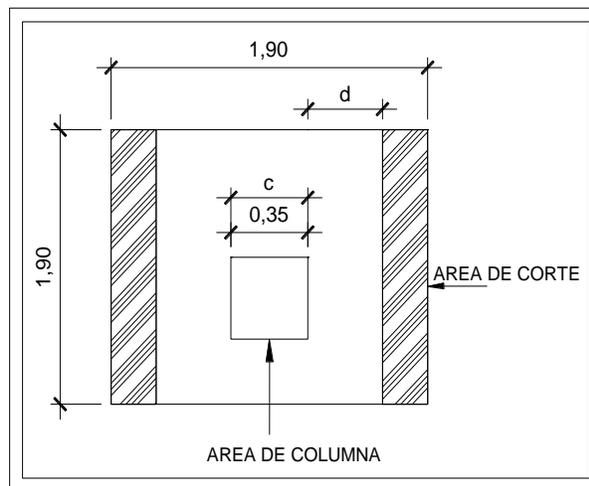
menor que 0,075 m y que el peralte efectivo sea mayor que 0,15 m. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte.

Considerando lo anterior se asume un  $t=0,40$  m. Luego se realizan los siguientes chequeos:

- 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:

Figura 37. **Corte simple**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

$$d = t - rec - \Phi/2$$

$$d = 40 - 7,5 - 1,27/2 = 31,86 \text{ cm}$$

$$V_{act} = q_{diseño} \frac{B_{zap} - B_{col}}{2} - d * H_{zap}$$

$$V_{act} = 31,53 \frac{1,90 - 0,35}{2} - 0,3186 * 1,90 = 27,34 \text{ Ton}$$

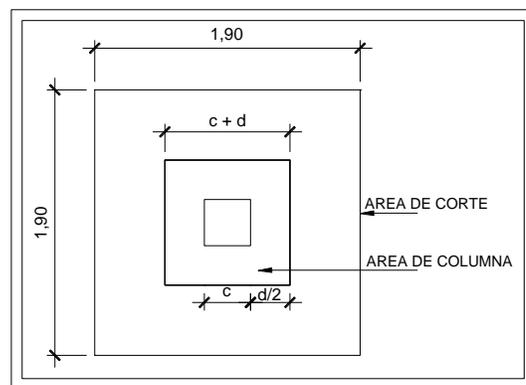
$$V_r = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 190 * 31,86}{1000} = 39,51 \text{ ton}$$

Resiste debido a que el corte actuante, es menor al que puede soportar la estructura, el peralte seleccionado es correcto.

- Chequeo corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a  $d/2$  del perímetro de la columna. La revisión que se realiza es la siguiente:

Figura 38. **Diagrama esfuerzo corte punzonante**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

$$b_o = 4(c+d) = 4(30 + 31,86) = 247,44 \text{ cm}$$

$$V_{act} = q_{diseño}(Azap - (c+d)^2)$$

$$V_{act} = 31,53(1,90 - (0,35+0,31)^2) = 46,17 \text{ ton}$$

$$V_r = \Phi * 1,06 \sqrt{210} * b_o * d$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 \sqrt{210} * 247,44 * 31,86 = 102,93 \text{ ton}$$

El corte que resiste la zapata es mayor que el actuante, sí cumple con el corte punzonante.

Diseño de refuerzo: el empuje hacia arriba del suelo, produce un momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos.

- Momento último

Éste se define tomando la losa como en voladizo con la fórmula:

$$M_{flector} = \frac{q_{diseño} * L^2}{2} = \frac{31,53 * \left(\frac{1,90}{2} - \frac{0,35}{2}\right)^2}{2} = 9,46 \text{ ton-m}$$

Donde

L = distancia medida del rostro de la columna al borde de la zapata

- Área de acero

$$A_s = (b \cdot d) - \sqrt{b \cdot d - \frac{M_u \cdot b}{0,003825 \cdot f_c} \cdot \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y}}$$

$$A_s = (100 \cdot 31,87) - \sqrt{100 \cdot 31,87 - \frac{9\,460 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210} \cdot \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810}}$$

$$A_s = 12,09 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,10}{f_y} \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,10}{2\,810} \cdot 100 \cdot 31,86 = 15,99 \text{ cm}^2$$

Debido a que el  $A_{s_{\min}}$  es mayor que  $A_s$ , se colocara el  $A_{s_{\min}} = 15,99 \text{ cm}^2$   
6 No. 6 en ambos sentidos.

El espaciamiento entre varilla de refuerzo está definido por:

$$S = \frac{A_v \cdot b}{A_s} = \frac{2,85 \cdot 100}{15,99} = 17,82 \text{ cm}$$

Por lo tanto, las zapatas quedarán armadas con varilla No. 6 @ 0,15 m en  
ambos sentidos, con dimensiones de 1,90 m por cada lado.

Para cama superior, colocar:

$$A_{s_{\text{temperatura}}} = 0,002 \cdot b \cdot t$$

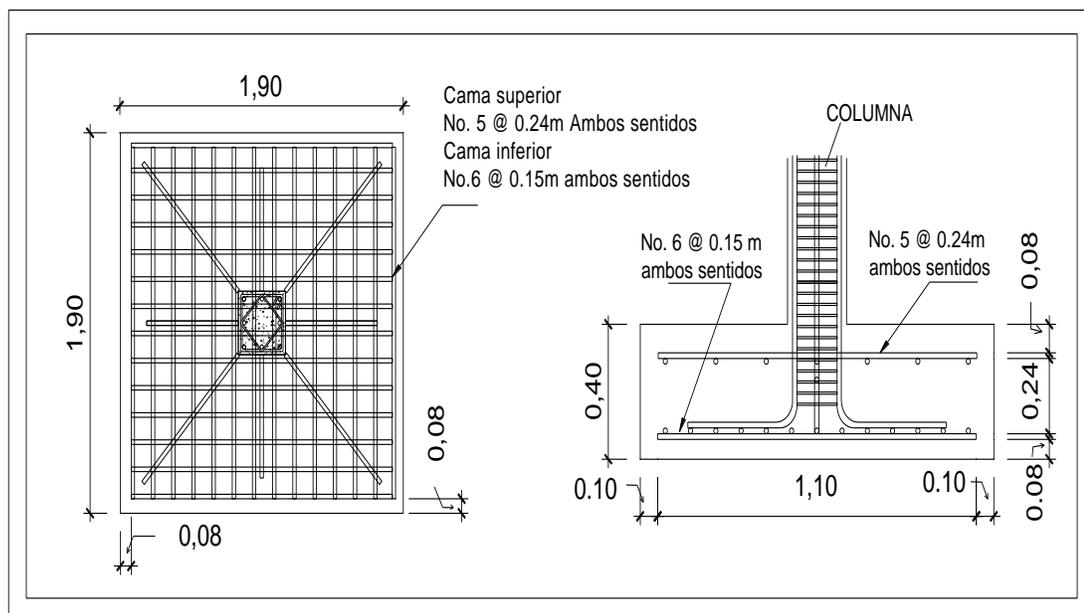
$$A_{\text{temperatura}} = 0,002 * 100 * 40 = 10,40 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_v * b}{A_{\text{temp}}}$$

$$S = \frac{1,97 * 1,90}{10,40 \text{ cm}^2} = 35,99 \text{ cm}$$

Se utilizará acero No. 5 @ 24 cm

Figura 39. **Detalle de armado de zapata tipo 1**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD 2012.

### 2.2.13.8. Zapatas excéntricas

Las zapatas de colindancia se deben diseñar para contrarrestar el momento de volteo, que se produce debido a que las cargas que sobre ella no recaen sobre su centro de masa, la solución que se plantea, para este proyecto, es una zapata de base cuadrada con un diamante sobre ella. A continuación se presenta el cálculo del diamante.

Datos:

|                            |                         |     |                            |
|----------------------------|-------------------------|-----|----------------------------|
| Mx                         | = 4,90 t-m              | My  | = 4,96 t-m                 |
| Pu                         | = 73,73 t               | Fcu | = 1,55                     |
| $\gamma_{\text{suelo}}$    | = 1,39 t/m <sup>3</sup> | f'c | = 2 810 kg/cm <sup>2</sup> |
| $\gamma_{\text{concreto}}$ | = 2,40 t/m <sup>3</sup> | f'c | = 2 810 kg/cm <sup>2</sup> |
| Sección columna            | = 0,35x0,35 m           | Vs  | = 23,22 ton/m <sup>2</sup> |

Se deben pasar las cargas últimas a cargas de trabajo, por medio del factor de carga última que se describe a continuación:

$$P^t = \frac{PU}{Fcu} = \frac{73,73}{1,55} = 47,56 \text{ ton}$$

$$Mtx = \frac{Mx}{Fcu} = \frac{4,90}{1,55} = 3,16 \text{ ton-m}$$

$$Mty = \frac{My}{Fcu} = \frac{4,96}{1,55} = 3,20 \text{ ton-m}$$

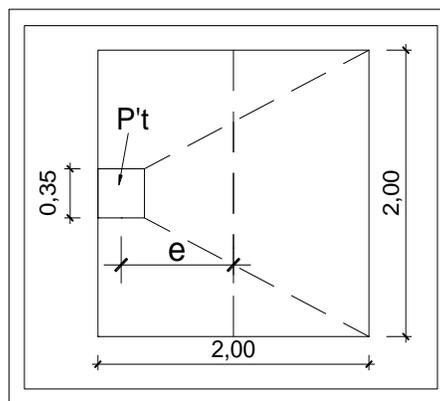
Predimensionamiento del área de la zapata: por la excentricidad de la carga que provoca flexión, se toma inicialmente, un valor soporte menor que el real. Se usará el valor de 20 ton/ m<sup>2</sup>; por lo que el área será:

$$P't = 47,56 + (47,56 * 0.05) = 49,94 \text{ ton}$$

$$A_z = \frac{1,5 * P't}{V_s} = \frac{1,5 * 49,94}{20,00} = 3,74 \text{ m}^2$$

Se considera una zapata de 2,00 x 2,00m, para un área de zapata de 4,00 m<sup>2</sup>.

Figura 40. Dimensiones de zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

La carga P't, centrada en la columna, se encuentra a una distancia del centro de:

$$e = \frac{2,00 - 0,35}{2} = 0,83 \text{ m}$$

Si se aplican dos fuerzas iguales a P't, de sentido contrario en el centro de gravedad de la base, ellas, combinadas con P't de la columna, provocan los esfuerzos siguientes en el terreno.

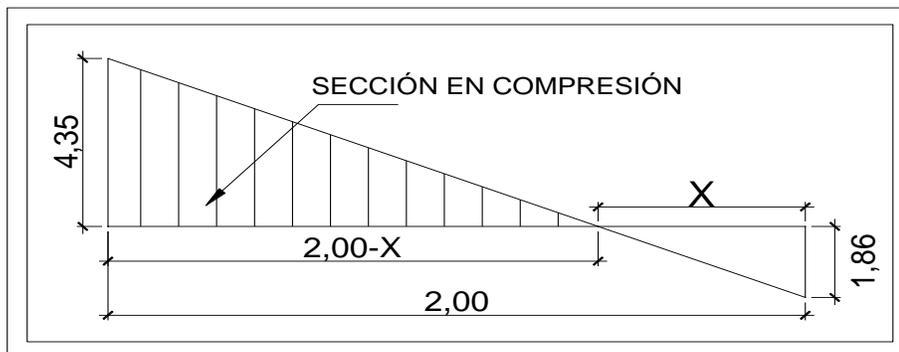
Compresión máxima

$$\sigma_c = \frac{P't}{A} \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{L} \right) = \frac{49\,940}{40\,000} * \left( 1 + \frac{6 \cdot 83}{200} \right) = 4,35 \text{ kg/cm}^2$$

Tensión máxima

$$\sigma_t = \frac{P't}{A} \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{L} \right) = \frac{49\,940}{40\,000} * \left( 1 - \frac{6 \cdot 83}{200} \right) = -1,86 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 41. **Esfuerzo en el terreno**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Punto donde cambia el esfuerzo de compresión al de tensión, el cual se encuentra a una distancia X, aplicando triángulos semejantes.

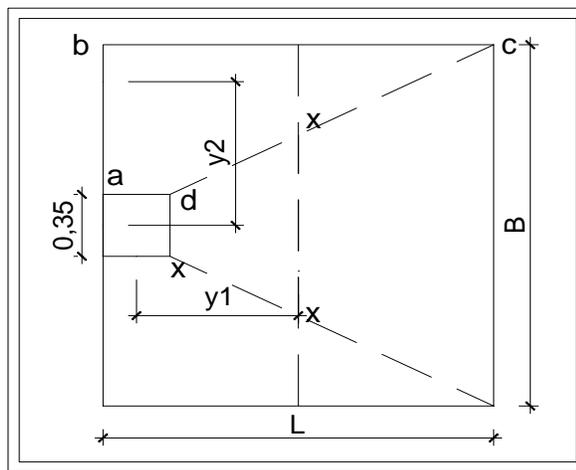
$$\frac{4,35}{2,00 - x} = \frac{1,86}{x}; \quad x = 0,58$$

Para efectuar el cálculo de la zapata, se tendrá que considerar la parte del diagrama que se encuentra a compresión.

Esfuerzo en el eje neutro:

$$\sigma_{\text{neutro}} = \frac{\sigma_c * \frac{L}{2} - x}{L - x} = \frac{4,35 * \frac{2,00}{2} - 0,58}{2,00 - 0,58} = 1,28 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 42. **Análisis de zapata excéntrica**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Altura de diamante: se asume una inclinación de 15°

$$h = \tan(\Phi) * (L - \text{col}) = \tan(15^\circ) * (2,00 - 0,35) = 0,44 \text{ m}$$

Fuerza resultante en el trapecio xdyz:

$$P_1 = \sigma_{\text{neutro}} * \frac{x_d + y_z}{2} * h = 1,28 * \frac{35 + 87}{2} * 44 = 3\,435 \text{ kg}$$

La fuerza anterior es aplicada al centro de gravedad del trapecio xdyz cuya distancia a la sección xd es:

$$y_1 = \frac{h}{3} * \frac{(2*yz)+xd}{yz+xd} = \frac{44}{3} * \frac{(2*87)+35}{87 + 35} = 25,12 \text{ cm} \approx 0,25 \text{ m}$$

Momento  $M_1$  respecto al centro de la columna

$$M_1 = P_1 * y_1 = 3\,435 * 0,25 = 858 \text{ kg-m}$$

Esfuerzo en dirección perpendicular a  $y_1$ :

$$\sigma = \frac{4,35}{2} = 2,17 \text{ kg/cm}^2$$

Este esfuerzo se reparte en el área adcb:

$$A = ad * \frac{B - dx}{2} + \frac{B-dx + B-yz}{4} * h$$

$$A = 35 * \frac{200 - 35}{2} + \frac{200-35 + 200-87}{4} * 44 = 5\,945 \text{ cm}^2$$

La resultante  $P_2$  se aplica sobre el centro de gravedad de la superficie

$$P_2 = \sigma * A = 1,86 * 5\,945 = 11\,057 \text{ kg}$$

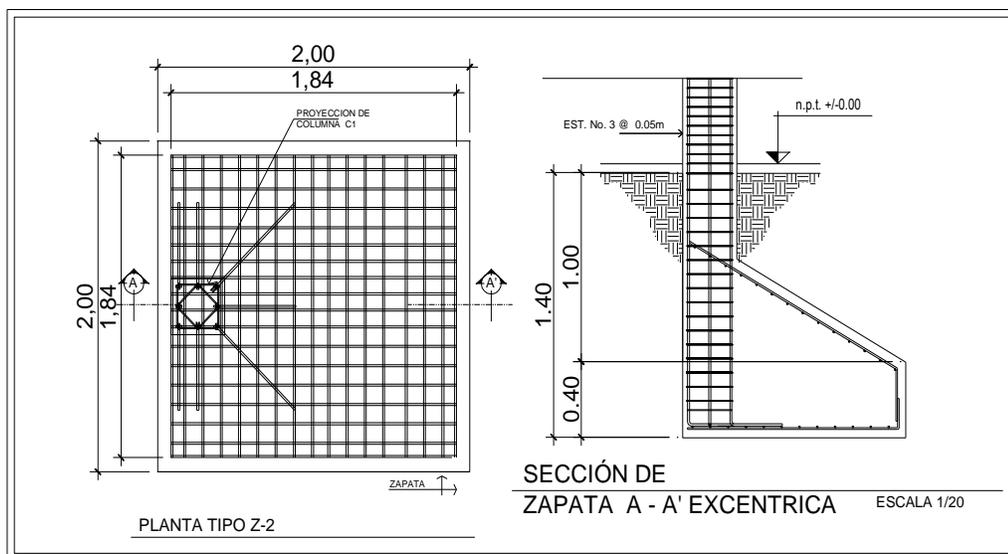
$$y_2 = \frac{ab}{3} * \frac{2 * B + ad}{B + ad} = \frac{73}{3} * \frac{2*200+35}{200+35} = 45,04 \text{ cm} \approx 0,45 \text{ m}$$

El momento  $M_2$  provocado por la fuerza será:

$$M_2 = P_2 * y_2 = 11\,057 * 0,45 = 4\,975 \text{ kg-m}$$

El armado se hará con refuerzo por temperatura; colocar No. 5 @ 24 cm. en ambos sentidos. La base de la zapata con diamante, se calcula con la diferencia de los momentos del análisis estructural y los momentos obtenidos en el diamante.

Figura 43. **Detalle de zapata excéntrica**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.2.13.9. Zapata combinada

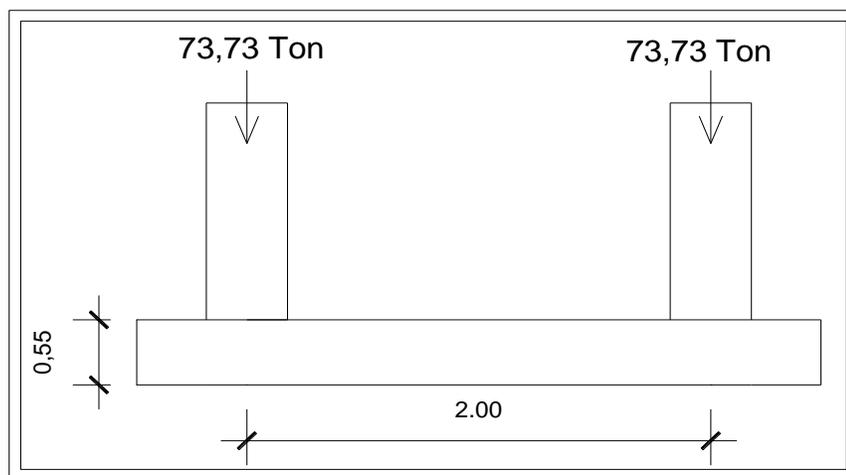
Este tipo de zapata se coloca en caso que la distancia entre columnas sea demasiado pequeña o que éstas se traslapen.

Datos:

$$\begin{aligned}
 P_u &= 73,73 \text{ Ton} \\
 M_{x1} &= 11,57 \text{ Ton-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{x2} &= 15,44 \text{ Ton-m} \\
 M_y &= 3,10 \text{ Ton-m} \\
 \gamma_{\text{concreto}} &= 2,4 \text{ ton/m}^3 \\
 \rho_{\text{suelo}} &= 1,39 \text{ ton/m}^3 \\
 V_{\text{suelo}} &= 22,93 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Figura 44. **Sección y fuerzas sobre zapata combinada, sentido X**

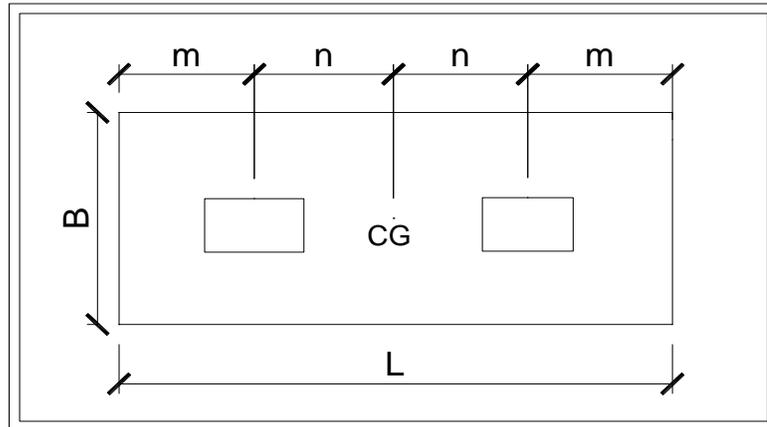


Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Para poder predimensionar el cimiento rectangular se debe de tener en cuenta las siguientes restricciones:

- $L=2(m+n)$
- $B= R/qL$
- $R= P't_1+P't_2$
- $q= V_s$

Figura 45. **Planta de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Calculo de las cargas de trabajo:

$$P't1 = \frac{P_u}{F_{CU}} = \frac{73,73}{1,55} = 47,57 \text{ ton}$$

$$P't2 = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{73,73}{1,55} = 47,57 \text{ ton}$$

$$M'tx1 = \frac{M_{x1}}{F_{CU}} = \frac{11,57}{1,48} = 7,46 \text{ ton}$$

$$M'tx2 = \frac{M_{x2}}{F_{CU}} = \frac{15,44}{1,55} = 9,96 \text{ ton}$$

$$M'ty = \frac{M_y}{F_{CU}} = \frac{3,06}{1,55} = 1,97 \text{ ton}$$

- Predimensionamiento del área de la zapata

La longitud del cimiento se escoge de tal manera que el centro de cargas coincida con el centro geométrico del cimiento.

Se tiene  $L=2(m+n)$   
 asumir  $m = 0,50$  m y  $n = 1,00$  m

$$L = 2 * (0,50 + 1,00) = 3,00 \text{ m}$$

$$Az = B \times L$$

$$B = \frac{R}{qL} = \frac{73,73 + 73,73}{23,22 * 3,00} = 2,11 \text{ m}$$

Tomando en cuenta que al no chequear el área de la zapata se debe incrementar esta conservando la longitud (L) y aumentando el ancho (B), como en el pre dimensionamiento no se toman en cuenta los efectos de flexión y corte se asumirá  $B = 2,50$  m.

$$Az = 2,50 * 3,00 = 7,50 \text{ m}^2$$

- Integración de cargas sobre la zapata

$$P_{cg} = P't1 + P't2 + P_{propio} + 2 * P_{columna} + P_{suelo}$$

$$P_{propio} = Az * t * \gamma_{concreto} = 7,50 * 0,55 * 2,4 = 9,90 \text{ ton}$$

$$P_{columna} = A_{col} * H_{col} * \gamma_{concreto} = 0,35 * 0,35 * 7,40 * 2,4 = 2,18 \text{ ton}$$

$$P_{suelo} = Az * Desplante * \rho_{suelo} = 7,50 * 1,40 * 1,39 = 14,60 \text{ ton}$$

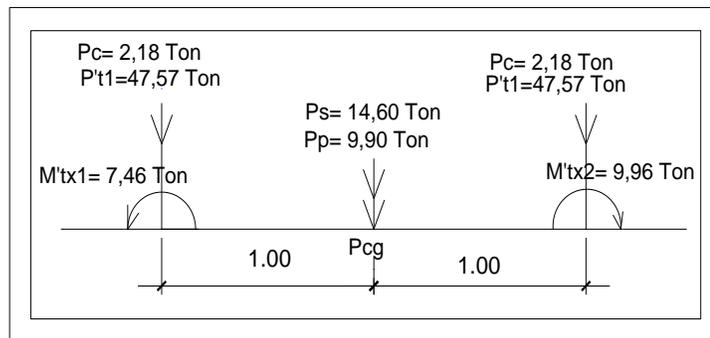
$$P_{cg} = 47,57 + 47,57 + 9,90 + (2 * 2,18) + 14,60 = 124,00 \text{ ton}$$

$$M_{cgx} = -7,46 - 9,96 = 17,42 \text{ ton-m}$$

$$M_{cgy} = -1,97 - 1,97 = 3,94 \text{ ton-m}$$

Para poder calcular el momento en el centro de gravedad es necesario contar con el diagrama de cuerpo libre que se muestra en la figura 46.

Figura 46. **Diagrama de cuerpo libre para cimiento combinado**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

- Presiones máxima y mínima en el suelo

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

Sentido X

$$S_x = \frac{3,00 * 2,50^2}{6} = 3,13$$

Sentido Y

$$S_x = \frac{2,50 * 3,00^2}{6} = 3,75$$

$$q = \frac{P_{cg}}{A_z} \pm \frac{M_{cgx}}{S_x} + \frac{M_{cgy}}{S_y}$$

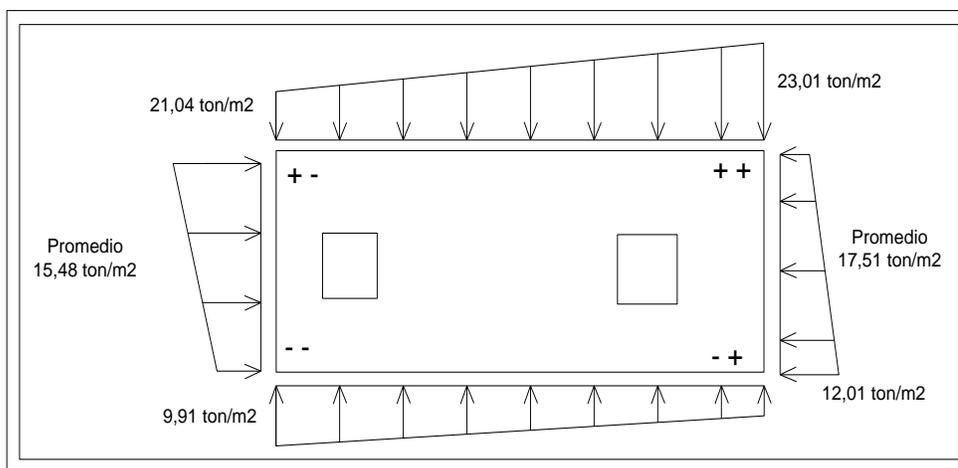
$$q_{\max} = \frac{124,00}{7,50} + \frac{17,42}{3,13} + \frac{3,94}{3,75} = 23,01 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{124,00}{7,50} - \frac{17,42}{3,13} - \frac{3,94}{3,75} = 9,91 \text{ ton/m}^2$$

$q_{\max} = 23,01 \text{ ton/m}^2$ ; cumple no excede el  $V_s$

$q_{\min} = 9,91 \text{ ton/m}^2$ ; cumple es mayor que 0

Figura 47. Presiones sobre el suelo



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

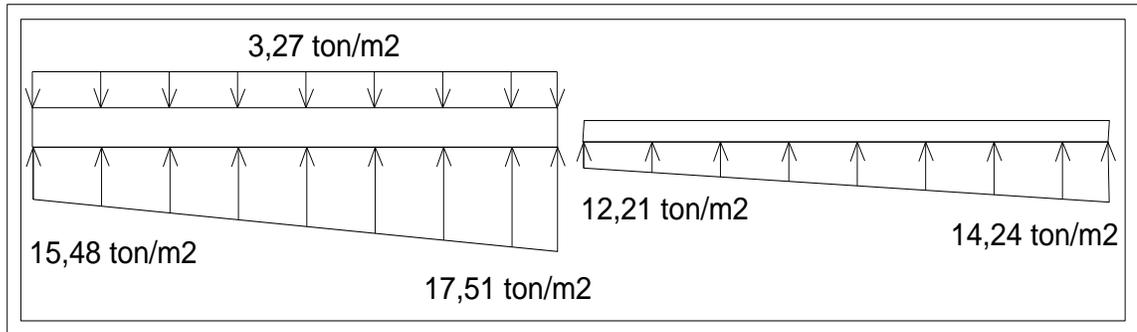
- Las presiones del suelo y cimiento son

$$q_s = \text{Desp} \cdot \gamma_{\text{suelo}} = 1,40 \cdot 1,39 = 1,95 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} = t \cdot \gamma_{\text{concreto}} = 0,55 \cdot 2,40 = 1,32 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} + q_s = 1,95 + 1,32 = 3,27 \text{ ton/m}^2$$

Figura 48. Presión sobre el cimiento



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Las presiones últimas de diseño serán:  $q_{dis} = q * FCU$ , las presiones últimas por metro lineal se obtienen de  $W = b * q_{dis}$ , para,  $B =$  ancho de cimiento,  $B = 2,50$  m.

$$P_u = q_{dis} * FCU, \quad \text{para } q = 12,21 \text{ ton/m}^2 \quad q_{dis} = 12,21 * 1,55 = 18,92 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{para } q = 14,24 \text{ ton/m}^2 \quad q_{dis} = 14,24 * 1,55 = 22,07 \text{ ton/m}^2$$

Se encuentra una expresión para cualquier distancia  $x$ , una presión dada por la relación de triángulos.

$$\frac{3,00}{(22,07 - 18,92)} = \frac{x}{q_{d(x)} - 18,92}; \quad q_{d(x)} = 18,92 + 1,05x$$

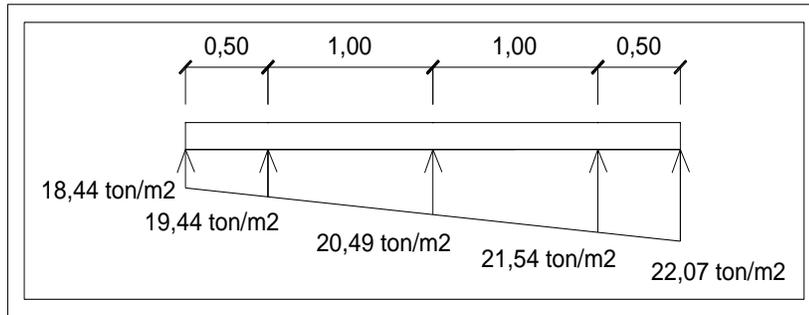
$$\text{Para } x = 0,50 \text{ m, } q_{d(0,50)} = 19,44 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Para } x = 1,50 \text{ m, } q_{d(1,50)} = 20,49 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Para } x = 2,50 \text{ m, } q_{d(2,50)} = 21,54 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Para } x = 3,00 \text{ m, } q_{d(3,00)} = 22,07 \text{ ton/m}^2$$

Figura 49. **Presión última sobre el cimiento**

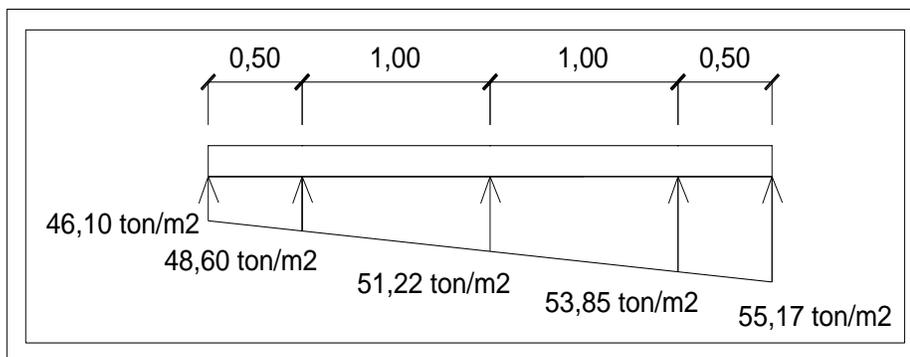


Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Las presiones últimas por metro lineal se obtienen de  $W = B * q_{dis}$

- Para  $q_{disu} = 18,44 \text{ ton/m}^2$  tenemos  $= 2,50 * 18,44 = 46,10 \text{ ton/m}^2$
- Para  $q_{disu} = 19,44 \text{ ton/m}^2$  tenemos  $= 2,50 * 19,44 = 48,60 \text{ ton/m}^2$
- Para  $q_{disu} = 20,49 \text{ ton/m}^2$  tenemos  $= 2,50 * 20,49 = 51,22 \text{ ton/m}^2$
- Para  $q_{disu} = 21,54 \text{ ton/m}^2$  tenemos  $= 2,50 * 21,54 = 53,85 \text{ ton/m}^2$
- Para  $q_{disu} = 22,07 \text{ ton/m}^2$  tenemos  $= 2,50 * 22,07 = 55,17 \text{ ton/m}^2$

Figura 50. **Presión última por metro lineal**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Se encuentra una expresión por relación de triángulos para cualquier distancia x, obteniendo una presión última por metro lineal.

$$\frac{3,00}{(55,17 - 46,10)} = \frac{x}{W_{(x)} - 46,10}; \quad W_{(x)} = 46,10 + 3,02x$$

Si se encuentra W para cuando  $x_{cg} = 1,50\text{m}$ ; se tiene:

$$W_{cg} = 46,10 + (3,02 * 1,50) = 50,63 \text{ ton/m}$$

- Cálculo de diagramas de corte y momento

$$V_{ab} = (46,10 + 3,02(0,50))0,50 = 23,80 \text{ Ton}$$

$$V_b = V_{ab} - P = 23,80 - 73,73 = -49,93 \text{ ton}$$

Para  $V_c = 0$

$$V_c = -49,93 + 46,10 y + 3,02 y^2, \quad y = 1,01; \quad x = 0,50 + 1,01 = 1,51\text{m}$$

$$V_{bd} = (46,10 + (3,02 * 1,51))1,01 = 51,16 \text{ Ton}$$

$$V_c = V_b + V_{bd} = -49,93 + 51,16 = 1,23 \text{ Ton}$$

$$V_{de} = (53,85 + 55,17)0,5 * 0,75 = 40,88 \text{ Ton}$$

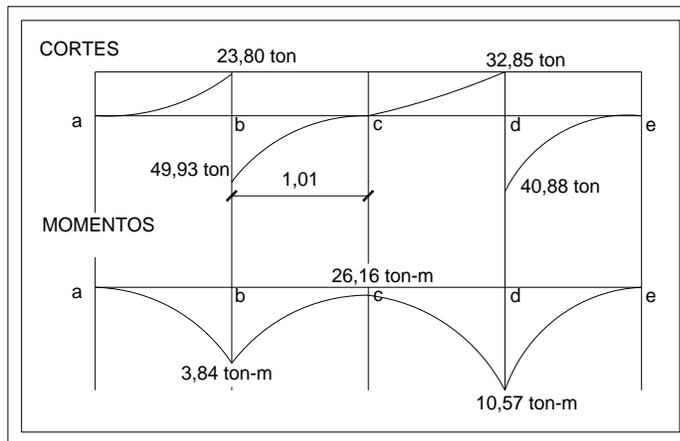
$$V_d = P - V_{de} = 73,73 - 40,88 = 32,85 \text{ Ton}$$

$$M_{ab} = \frac{1}{3} \frac{46,10 * 0,50^2}{2} + \frac{46,10 * 0,50^2}{2} = 3,84 \text{ ton-m}$$

$$M_{\max} = 46,10 + \frac{48,60 * 1,01^2}{2} + \frac{1}{3} * \frac{51,22 * 1,01^2}{2} - 49,93 * 1,01 = 29,16 \text{ ton-m}$$

$$M_{cd} = \frac{53,85 * 0,50^2}{2} + \frac{46,10 * 0,50^2}{2} * \frac{2}{3} = 10,57 \text{ ton-m}$$

Figura 51. **Diagrama de corte y momento en zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

- Chequeo por corte simple o flexionante

Peralte efectivo de la zapata, asumiendo varilla No. 5;  $\varnothing = 1,59 \text{ cm}$  y recubrimiento mínimo de 7,50 cm.

$$d = \text{tasumido} - \text{rec} - \phi_{\text{var}}/2$$

$$d = 55,00 - 7,50 - 1,59/2 = 46,70 \approx 46,00 \text{ cm}$$

- Corte resistente

$$\phi V_{\text{res}} = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * B * d = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 250 * 46}{1000} = 75,07 \text{ ton}$$

Como  $V_{act} < \phi V_{res}$  según se muestra en el diagrama de corte, sí cumple, así que el peralte sí resiste el cortante simple.

- Chequeo por corte punzonante

$$d = 46\text{cm} \Rightarrow c + d = 35 + 46 = 81 \text{ cm}$$

$$V_r = \phi * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b * d = \frac{0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 250 * 81}{1000} = 264,39 \text{ ton}$$

- Corte punzonante actuante

$$V_{pz} = P_{u2} - q_d * A_{pz} = 73,73 - 21,64(81/100)^2 = 59,53 \text{ Ton}$$

$$V_{pz} < V_r \text{ si resiste el punzonamiento}$$

- Revisión por flexión (refuerzo mínimo en un metro lineal)

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{2810} * 100 * 46 = 23,08 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo mínimo en el ancho de 2,50 m

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{2810} * 250 * 46 = 57,70 \text{ cm}^2$$

- Momento que resiste

El momento resistente con franja unitaria  $B = 2,50 \text{ m}$  y  $A_s = 57,70 \text{ cm}^2$  es:

$$M_r = 0,9 * f_y * A_s * d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f_c * b}$$

$$M_r = \frac{0,9 * 2810 * 57,70 * 46 - \frac{57,70 * 2810}{1,7 * 210 * 250}}{100 * 1000} = 64,47 \text{ ton-m}$$

El momento  $M_r > M_{uact}$  si resiste.

$$S = \frac{(2,85 \text{ cm}^2)(250 \text{ cm})}{57,70 \text{ cm}^2} = 12,34 \text{ cm}$$

Para el armado se utilizarán varillas No. 6 @ 0,12 m en ambos lados.

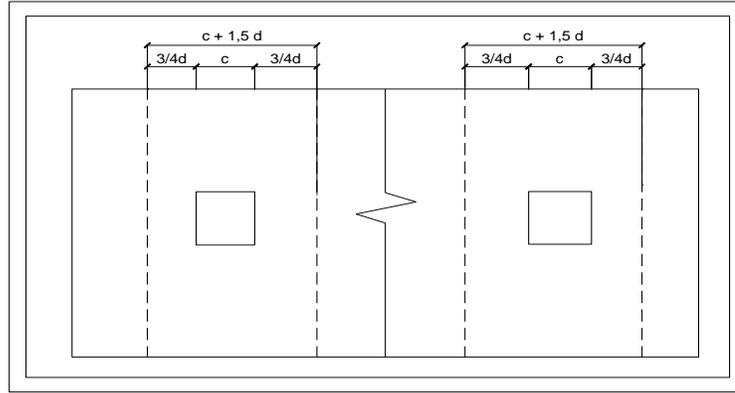
- Acero por temperatura

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * b * t = 0,002 * 250 * 46 = 23,00 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(1,26 \text{ cm}^2)(300 \text{ cm})}{23 \text{ cm}^2} = 16,45 \text{ cm}$$

Para el armado se utilizarán varillas No. 3 @ 0,15 m.

Figura 52. **Diagrama de corte y momento en zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

Asumiendo un ancho de viga de  $(c + 1,5d)$ , se revisará bajo una columna crítica, y considerando que la viga será igual para las dos columnas.

Cálculo del peralte efectivo  $d_{y-y}$ , asumiendo  $\emptyset_x$  y  $\emptyset_y$  No.5

$$d_{y-y} = \text{peralte} - \frac{\emptyset_x}{2} - \frac{\emptyset_y}{2}$$

$$d_{y-y} = 46 - \frac{1,59}{2} - \frac{1,59}{2} = 44,41 \text{ cm} \approx 44,00 \text{ cm}$$

$$C+1,5d_{y-y} = 35 + (1,5 * 44) = 101,00 \text{ cm}$$

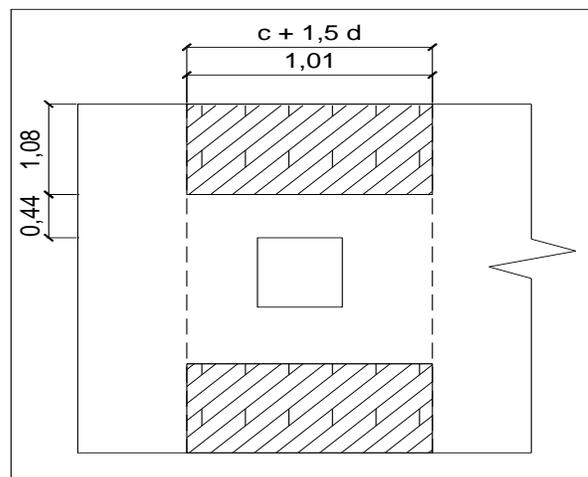
La viga transversal se diseñará con la presión uniforme causada por la carga puntual de la columna  $P_u = 73,73 \text{ ton}$ .

$$q_{\text{diseño}} = \frac{P_u}{B * (C+1,5d_{y-y})}$$

$$q_{\text{diseño}} = \frac{73,73}{2,50 * 1,01} = 29,20 \text{ ton/m}^2$$

Revisión por corte simple

Figura 53. **Diagrama de esfuerzo cortante**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

$$V_{act} = q_{\text{diseño}} * b' * (C+1,5d_{y-y}) = 29,20 * 1,08 * 1,01 = 31,85 \text{ ton}$$

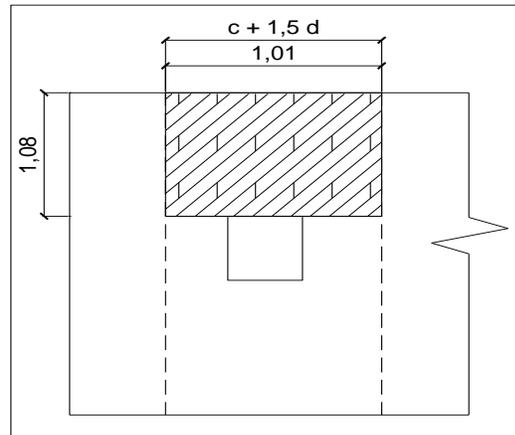
$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * (C+1,5d_{y-y}) * d'$$

$$V_c = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 101 * 108}{1000} = 71,21 \text{ Ton}$$

$V_c > V_{act}$  sí cumple

- Revisión por flexión

Figura 54. Diagrama de esfuerzo cortante



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

$$M_{act} = \frac{q_d \cdot b^2}{2} = \frac{29,20(1,08)^2}{2} = 17,02 \text{ Ton-m}$$

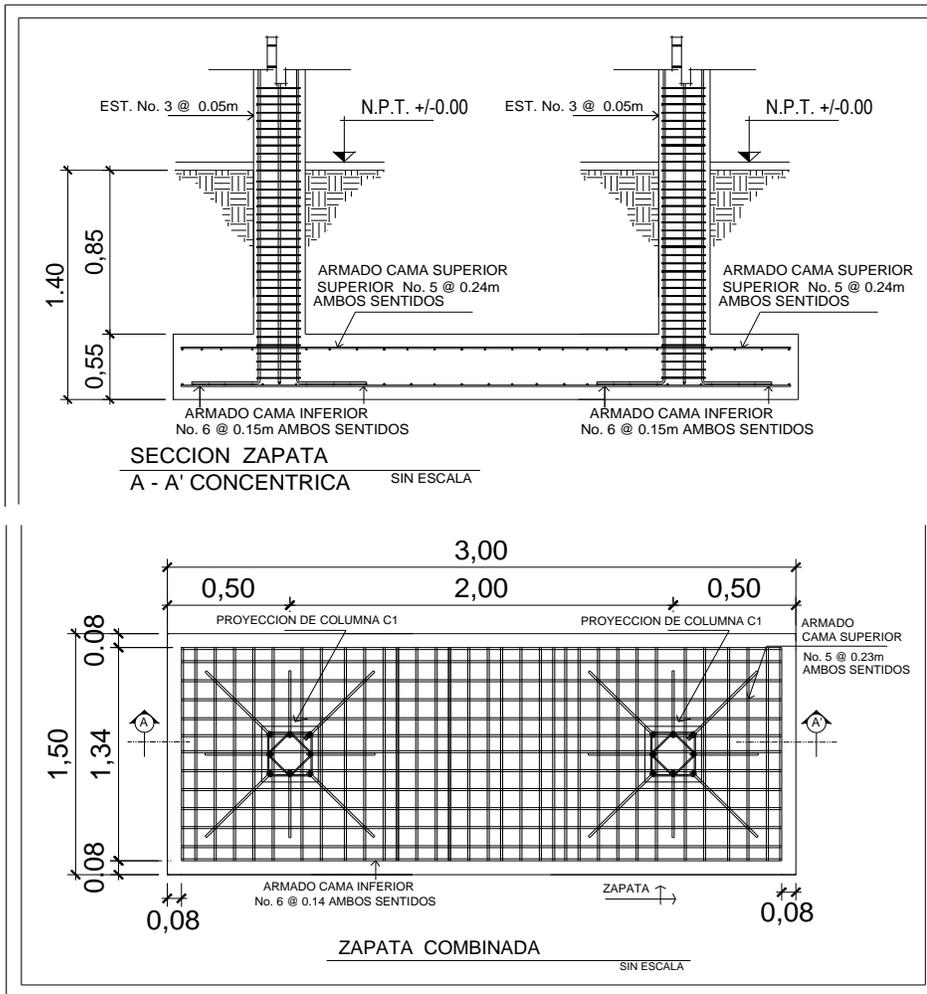
$$A_s = (b \cdot d) - \sqrt{b \cdot d^2 - \frac{M_u \cdot b}{0,003825 \cdot f_c} \cdot \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y}}$$

$$A_s = (108 \cdot 46) - \sqrt{108 \cdot 46^2 - \frac{17\,020 \cdot 108}{0,003825 \cdot 210} \cdot \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810}} = 14,98 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(1,98 \text{ cm}^2)(101 \text{ cm})}{14,98 \text{ cm}^2} = 13,35 \text{ cm}$$

Para el armado se utilizarán varillas No. 5 @ 0,12 m.

Figura 55. **Detalle de armado zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.2.13.10. Cimiento corrido

Para los muros se calcula como una franja unitaria se diseñarán para soportar las cargas superpuestas dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo a la resistencia del terreno debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos.

Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes se diseña un cimiento tipo trapezoidal, según las Normas FHA, el cual funciona a la vez como solera de humedad, teniendo las dimensiones siguientes:

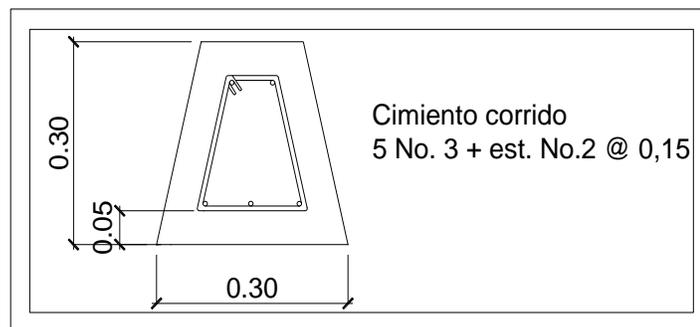
Donde:

B = base mayor = 30 cm

b = base menor = 16 cm

h = altura = 30 cm

Figura 56. **Detalle armado cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.2.13.11. **Diseño de gradas**

El ritmo general de vida exige que las gradas puedan ser recorridas de modo rápido y seguro con el menor gasto de energía posible. Para su ubicación se debe tomar en cuenta que la circulación en los diferentes niveles, no sea problemática, además debe tener iluminación y ventilación aceptable.

La forma y disposición, que se le da al módulo de gradas depende principalmente de las dimensiones e importancia de la edificación.

Donde:

|            |   |                           |
|------------|---|---------------------------|
| C          | = | contrahuella              |
| H          | = | huella                    |
| c          | ≤ | 20 cm                     |
| H          | > | c                         |
| 2c + H     | ≤ | 64 cm (valor cercano)     |
| c + H      | = | 45 a 48 cm                |
| c*H        | = | 480 a 500 cm <sup>2</sup> |
| Carga viva | = | 500 kg/m <sup>2</sup>     |
| Acabados   | = | 200 kg/m <sup>2</sup>     |
| f'c        | = | 210 kg/cm <sup>2</sup>    |
| fy         | = | 2 810 kg/cm <sup>2</sup>  |
| γconcreto  | = | 2 400 kg/m <sup>3</sup>   |

- Procedimiento para el diseño del módulo de gradas

Número de escalones mínimo =  $h/c = 3,06/0,17 = 18$  escalones. Se tomaran 9 contrahuellas antes del descanso, número de contra huellas = Núm. contrahuellas + 1 =  $9 + 1 = 10$

- Relaciones de comodidad:

$$C = 17 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$$

$$H = 29 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

$$2c + H = 2 \cdot 17 + 29 = 63 \leq 64 \text{ cm}$$

$$c + H = 0.17 + 29 = 46 \text{ cm}$$

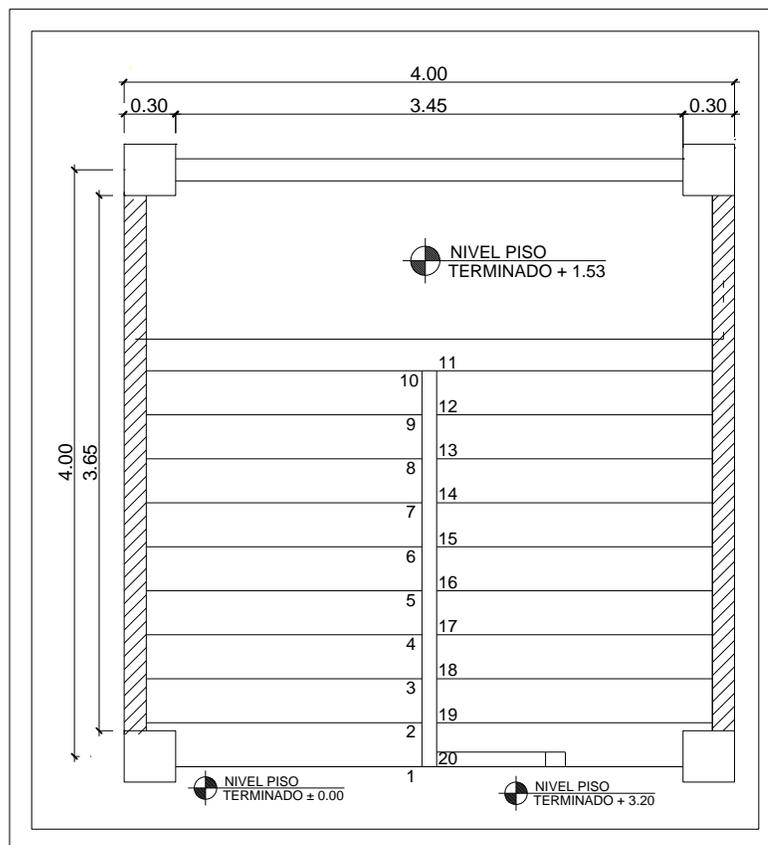
$$c * H = 17 * 29 = 493 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se obtienen 10 contrahuellas de 17 cm y 9 huellas de 29 cm.

- Espesor de la losa

$$t = \frac{\text{Perimetro}}{180} = \frac{2 * 4,00 + 2 * 2 + 2,60 * 4 + 4}{180} = 0,14 \text{ m}$$

Figura 57. Dimensiones de gradas



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

## Integración de cargas

- Carga muerta

Peso propio del módulo de gradas

$$P = \gamma_{\text{concreto}} * \left( t + \frac{c}{2} \right)$$

$$P = 2\,400 * \left( 0,15 + \frac{0,17}{2} \right) = 564 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Acabados} = 100 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Total} = 664 \text{ kg/m}^3$$

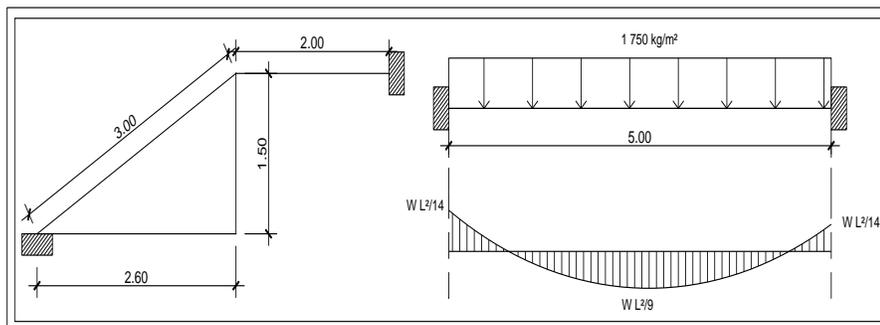
- Carga viva: = 500 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{CU} = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$\text{CU} = 1,4 * 664 \text{ kg/m}^3 + 1,7 * 500 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{CU} = 1\,780 \text{ kg/m}^3$$

Figura 58. **Distribución de carga y momentos en gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

- Cálculo de momentos

$$M_{(+)} = \frac{CU * L^2}{9} = \frac{1\,780 * 5,00^2}{9} = 4\,945 \text{ kg-m}$$

$$M_{(-)} = \frac{CU * L^2}{14} = \frac{1\,780 * 5,00^2}{14} = 3\,179 \text{ kg-m}$$

- Límites para el acero:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 7,5 \text{ cm}$$

$$Fy = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

- Área de acero

$$As_{\min} = \frac{14,1}{fy} * b * d = \frac{14,10}{2\,810} * 100 * 8,00 = 4,01 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = 0,50 * \rho_b * b * d$$

$$As_{\max} = 0,50 * 0,03695 * 100 * 8 = 14,78 \text{ cm}^2$$

$$As = (b*d)^2 \sqrt{\frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} * \frac{0,85 * f'c}{fy}$$

$$M_{(+)} = 4\,945 \text{ kg-m}$$

$$A_s = (100 \cdot 7,50)^2 \cdot \frac{100 \cdot 8,00^2 \cdot \frac{4\,945 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210} \cdot \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810}}{100 \cdot 8,00^2} = 40,90 \text{ cm}^2$$

$A_s \text{ máx} = 14,78 \text{ cm}^2$ , usar varilla No. 5 @ 0,12 m

$M_{(-)} = 3\,179 \text{ kg-m}$

$$A_s = (100 \cdot 7,50)^2 \cdot \frac{100 \cdot 8,00^2 \cdot \frac{3\,179 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210} \cdot \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810}}{100 \cdot 8,00^2} = 19,42 \text{ cm}^2$$

$A_s \text{ máx} = 14,78 \text{ cm}^2$ , usar varilla No. 5 @ 0,12 m

- Acero por temperatura

$$A_{s_{\text{temp}}} = 0,002 \cdot b \cdot t = 0,002 \cdot 100 \cdot 15 = 3,00 \text{ cm}^2$$

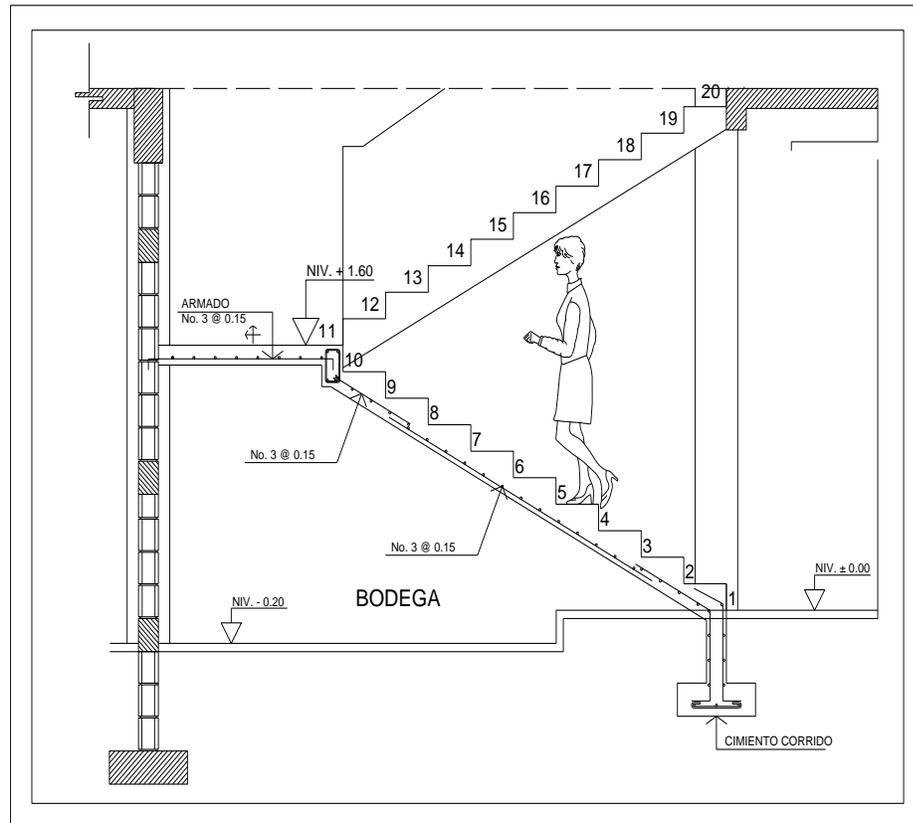
$$S_{\text{máx}} = 3t = 3 \cdot 15 = 45 \text{ cm}$$

Por lo tanto se refuerza con varilla No. 4 @ 0,40 m

El acero por temperatura debe colocarse en el otro sentido, tomando en consideración lo siguiente:

- Alternar cuando exista cama doble de refuerzo principal.
- Coloca en el espacio formado por la cama superior e inferior del refuerzo principal.

Figura 59. Elevación de gradas



Fuente: elaboración propia, con programa AUTOCAD, 2012.

### 2.2.14. Instalaciones

Las instalaciones en los edificios pueden ser variables de acuerdo al uso que se les vaya a dar.

Para este proyecto se subdividen en agua potable, drenajes y electricidad (que se subdivide en fuerza eléctrica e iluminación). La instalación telefónica se propone colocar en forma paralela a la fuerza eléctrica con salidas en todas las oficinas y el servicio de internet se propone sea inalámbrico.

### 2.2.14.1. Instalaciones eléctricas

Estas instalaciones están divididas en dos secciones y son la instalación de fuerza y la instalación de iluminación, se necesita detallar la distribución del sistema eléctrico, desde la acometida, contador eléctrico, tablero de distribución y las unidades de lámparas, tomacorrientes e interruptores.

La instalación eléctrica constará de circuito de iluminación y fuerza, que estarán ubicados en los diferentes ambientes del centro de capacitación.

Diseño de instalaciones eléctricas. Se propone utilizar flipón de 15 amperios para carga viva de 120 voltios, con la fórmula siguiente se determina si el circuito no excede al flipón.

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

P = potencia (watts)

I = corriente (amperios)

V = voltaje (voltios)

Para iluminación se utilizará lo siguiente: lámparas con capacidad de 80 watts, en el circuito se recomienda utilizar un promedio de 10 a 13 lámparas por circuito.

$$P = 80 * 13 = 1\ 040(\text{watts})$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1\ 040}{120} = 9 \text{ amperios}$$

La cantidad a colocar no excede al flipón.

Para fuerza se utilizará lo siguiente: tomacorrientes dobles con consumo aproximado de 180 watts, en el circuito

$$P = 180 \times 6 = 1\,080 \text{ (watts)}$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1\,080}{120} = 9 \text{ amperios. La cantidad no excede al flipón.}$$

Tabla XXII. **Cálculo de tablero eléctrico**

| circui<br>to | Tomacorrientes |           |       | Lámparas |             |       | P(W)  | I(A) | Seguri<br>dad<br>1.25 x I | Calibre<br>del<br>cable<br>(AWG) | Protecc<br>ión<br>flipón<br>(A) |
|--------------|----------------|-----------|-------|----------|-------------|-------|-------|------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|              | 240<br>V       | 12<br>0 V | Total | 100<br>W | 2 X<br>40 W | Total |       |      |                           |                                  |                                 |
| A            | 0              | 0         | 0     | 2        | 12          | 1 160 | 1 160 | 10   | 12,50                     | 2#12                             | 1X15                            |
| B            | 0              | 0         | 0     | 13       | 0           | 1 300 | 1 300 | 11   | 13,75                     | 2#10                             | 1X15                            |
| C            | 0              | 0         | 0     | 2        | 12          | 1 160 | 1 160 | 10   | 12,50                     | 2#12                             | 1X15                            |
| D            | 0              | 0         | 0     | 1        | 13          | 1 140 | 1 140 | 10   | 12,50                     | 2#12                             | 1X15                            |
| E            | 0              | 0         | 0     | 13       | 0           | 1 300 | 1 300 | 11   | 13,75                     | 2#10                             | 1X15                            |
| F            | 0              | 0         | 0     | 0        | 12          | 960   | 960   | 8    | 10,00                     | 2#12                             | 1X15                            |
| G            | 0              | 13        | 1 560 | 0        | 0           | 0     | 1 560 | 13   | 16,25                     | 3#10                             | 1X20                            |
| H            | 0              | 13        | 1 440 | 0        | 0           | 0     | 1 440 | 13   | 16,25                     | 3#10                             | 1X20                            |
| I            | 0              | 13        | 1 560 | 0        | 0           | 0     | 1 560 | 13   | 16,25                     | 3#10                             | 1X20                            |
| J            | 0              | 9         | 1 080 | 0        | 0           | 0     | 1 080 | 9    | 11,25                     | 3#12                             | 1X20                            |
| K            | 0              | 6         | 720   | 0        | 0           | 0     | 720   | 6    | 7,50                      | 3#12                             | 1X20                            |
| L            | 0              | 10        | 1 200 | 0        | 0           | 0     | 1 200 | 10   | 12,50                     | 3#10                             | 1X20                            |

Fuente: elaboración propia.

La instalación eléctrica contará de un tablero de distribución de 12 flipones, en la iluminación se usarán lámparas fluorescentes de 2 \* 40 watts en las aulas y bombillas incandescentes de 100 watts en los pasillos y baños se usará cable calibre 10 y 12 AWG.

### 2.2.14.2. Instalación hidráulica

El sistema de agua potable está diseñado como circuito cerrado para mantener la presión en cada área del edificio, el circuito cuenta con 8 inodoros, 4 mingitorios, 16 lavamanos, 1 grifo de servicio.

Para alimentar todos los accesorios, se diseñó un solo circuito, basado en el método de Hunter, donde se deben tomar en cuenta los pesos o demandas de agua de los artefactos a ser usados en el proyecto. Para encontrar el caudal necesario y con este el diámetro del ramal de alimentación. El cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$Q = 0,30 \sqrt{\Sigma P}$$

Tabla XXIII. Demanda de accesorios para método de Hunter

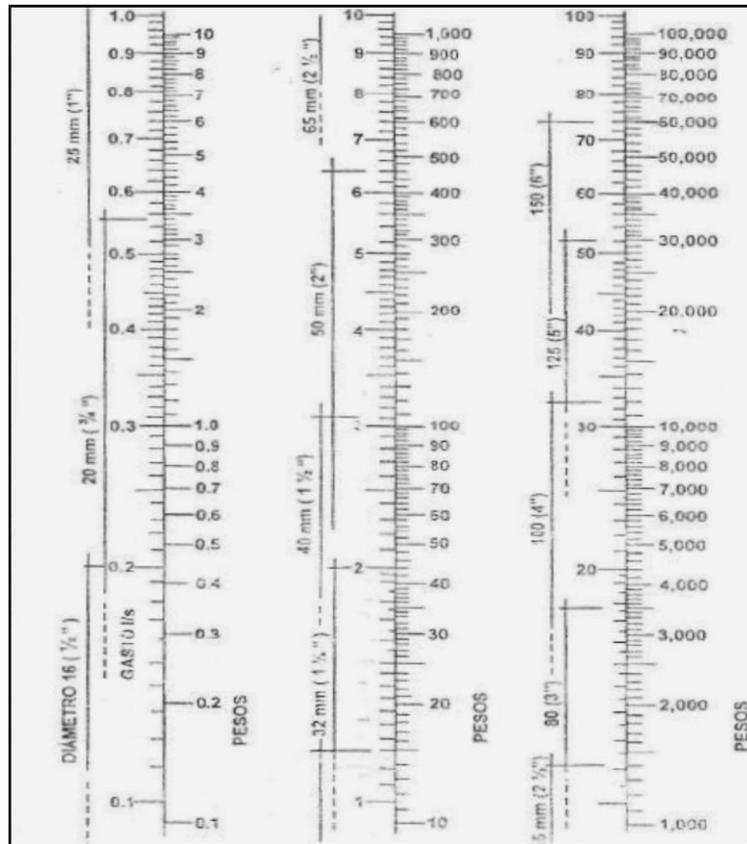
| Pieza o accesorio            | Peso | Cantidad | Parcial |
|------------------------------|------|----------|---------|
| Inodoro con caja de descarga | 0,30 | 8        | 2,40    |
| Pila                         | 0,50 | 1        | 0,50    |
| Mingitorio                   | 0,30 | 4        | 1,20    |
| Lavabo                       | 0,50 | 16       | 8,00    |
| Total                        |      |          | 12,10   |

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Tabla 6, p. 126.

$$Q = 0,30 \sqrt{12,10} = 1,04$$

Con el dato del caudal necesario para abastecer los accesorios, procedemos a buscar el dato en el ábaco que se presenta en la figura 60.

Figura 60. **Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría**



Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, GILBERTO. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias residenciales y comerciales. Abaco 1, p. 128.

Ya que se ha localizado el caudal (gasto), en la parte izquierda de la primera columna, se nos indica que el ramal de alimentación debe ser de 1 1/4", y por no estar disponible en el mercado se colocará de 1 1/2" de diámetro.

Para los subramales que alimentan los accesorios deberá ser la tubería de 1" de diámetro como mínimo. La tubería utilizada debe de cumplir con la Norma ASTM D2241 y los accesorios serán cedula 40 y cumplir con la Norma ASTM D2466.

### 2.2.14.3. Instalación sanitaria

Para el diseño de las instalaciones sanitarias se procede asignando un número de unidades mueble (UM) y un diámetro de tubería a cada aparato sanitario, El edificio está dotado de 8 inodoros, 16 lavamanos y 4 mingitorio.

Para evacuar dicho volumen se deben colocar tubería con una pendiente mínima del 1 por ciento. Se muestra en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Cálculo de unidades mueble**

| Tipo de mueble o aparato | Número de unidades mueble (UM) | Díámetro (plg) |
|--------------------------|--------------------------------|----------------|
| Lavamanos                | 1                              | 1 1/4"         |
| Inodoro con tanque       | 4                              | 3"             |
| Ducha                    | 2                              | 1 1/4"         |
| Tina                     | 3                              | 1 1/4"         |
| Lavadero de ropa         | 3                              | 1 1/4"         |

| Díámetro nominal | Máximo de Unidades |
|------------------|--------------------|
| 1                | 1                  |
| 1 1/2"           | 3                  |
| 2"               | 6                  |
| 3"               | 20                 |
| 4"               | 160                |

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos.

Guía para las instalaciones sanitarias en edificios. p 105.

Con base en la tabla. XXIV y de acuerdo a las unidades mueble de la cantidad de artefactos en cada tramo de drenaje sanitario, se determinaron los diámetros a utilizar en la edificación.

Tabla XXV. **Resumen de tubería de drenaje**

| Artefacto   | UM | D  |
|-------------|----|----|
| Lavamanos   | 3  | 2" |
| Inodoros    | 4  | 3" |
| Mingitorios | 2  | 2" |

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.14.4. **Instalación pluvial**

Para determinar el caudal de diseño es necesario conocer la intensidad de lluvia en la zona y el área de techo cubierta por cada tubo por donde bajarán las aguas de lluvia:

$$q_{\text{diseño}} = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

$q_{\text{diseño}}$  = caudal de diseño (l/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en la región (mm/h)

$$I = \frac{4204}{t + 24}$$

Cuando  $t = 5$  minutos:

$$I = \frac{4204}{5 + 24} = 145 \text{ mm/h}$$

A = área de techo (hectáreas)  
 C = 0,90 (para techos)  
 I = 225 mm/h

$$A = (5,00 * 6,00) = 30,00\text{m}^2 = \frac{1}{10\ 000\text{m}^2} = 0,003 \text{ hectáreas}$$

$$q_{\text{diseño}} = \frac{0,90 * 145\text{mm/h} * 0,003}{360} = 0,00108 \text{ l/s}$$

Después de calcular el caudal de diseño por cada bajada de agua pluvial, se propone una tubería PVC de 3" de diámetro con una pendiente del 1 % y luego se hace el chequeo para comprobar si es adecuada para transportar dicho caudal:

$$V = \frac{0,03429 * 3^{2/3} * 0,01^{1/2}}{0,01019} = 0,70 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{(\pi * 3 * 0,0254)^2}{4} = 0,00456 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,00456 * 0,70 * 1\ 000 = 3,19 \text{ L/s}$$

Como el caudal de diseño es menor al caudal que puede transportar la tubería, se concluye que la tubería utilizada es adecuada.

### 2.2.15. Elaboración de planos constructivos

Los planos elaborados para el edificio del centro de capacitación comprenden: planta amueblada, planta acotada, elevaciones, planta de

acabados, planta de electricidad, planta de drenaje, planta de instalaciones hidráulicas, planta de cimientos y distribución de columnas, planta de losas y vigas, y detalles estructurales.

Después de haber realizado todos los cálculos para el diseño del centro de capacitación, se procede a elaborar los planos constructivos, los cuales son representaciones gráficas que detallan todos los elementos que conforman la edificación.

#### **2.2.16. Elaboración de presupuesto**

El presupuesto fue realizado a base de precios unitarios, integrando los costos directos: materiales de construcción y mano de obra.

El presupuesto se elaboró con base en precios unitarios, aplicando un 10 por ciento de imprevistos y 20 por ciento de costos indirectos (en los cuales se incluye administración, supervisión y utilidades).

Los precios de los materiales se obtuvieron mediante cotizaciones en centros de distribución de la región.

La mano de obra calificada y no calificada se referenció a precios utilizados por la entidad en proyectos similares.

Tabla XXVI. Presupuesto del centro de capacitación

|                    | REGLÓN                                | CANTIDAD | UNIDAD | Precio unitario | PRECIO TOTAL    |
|--------------------|---------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------------|
| 1                  | ROTULO DE IDENTIFICACION              | 1,00     | Global | Q. 3 256,05     | Q. 3 256,05     |
| 2                  | PRELIMINARES                          | 1,00     | Global | Q. 28 724,36    | Q. 28 724,36    |
| 3                  | Zapatas concéntricas(1.30*1.30*0.40)  | 32,00    | Unidad | Q. 1 799,86     | Q. 57 595,52    |
| 4                  | Zapatas excéntrica(1.30*1.30*0.40)    | 16,00    | Unidad | Q. 4 574,48     | Q. 73 191,68    |
| 5                  | Cimiento corrido TIPO 1 (0.2* 0.50)   | 120,80   | ML     | Q. 161,35       | Q. 19 491,08    |
| 6                  | Cimiento corrido TIPO 2 (0.2* 0.50)   | 40,00    | ML     | Q. 164,17       | Q. 6 566,80     |
| 7                  | Cimiento corrido TIPO 3 (0.2* 0.50)   | 25,60    | ML     | Q. 141,28       | Q. 3 616,77     |
| 8                  | SOLERA HIDROFUGA                      | 160,80   | ML     | Q. 89,91        | Q. 14 457,53    |
| 9                  | VIGA DE AMARRE (0.20 X 0.15)          | 60,40    | ML     | Q. 94,75        | Q. 5 722,90     |
| 10                 | COLUMNAS C-1 1ER NIVEL 0.35*0.35      | 150,00   | ML     | Q. 784,21       | Q. 117 631,50   |
| 11                 | COLUMNAS C1- 2do NIVEL 0.3*0.3        | 110,00   | ML     | Q. 505,57       | Q. 55 612,70    |
| 12                 | COLUMNAS C2- 1er NIVEL 0.30*0.30      | 67,50    | ML     | Q. 316,37       | Q. 21 354,98    |
| 13                 | COLUMNAS C2- 2do NIVEL 0.30*0.30      | 49,50    | ML     | Q. 312,13       | Q. 15 450,44    |
| 14                 | COLUMNAS TIPO C3 0.15*0.15            | 628,80   | ML     | Q. 92,75        | Q. 58 321,20    |
| 15                 | COLUMNAS C4- 1er NIVEL 0.10*0.14      | 20,00    | Unidad | Q. 125,62       | Q. 2 512,40     |
| 16                 | COLUMNAS C4- 2do NIVEL 0.10*0.14      | 29,00    | Unidad | Q. 48,32        | Q. 1 401,28     |
| 17                 | PINEADO                               | 15,00    | ML     | Q. 40,48        | Q. 607,20       |
| 18                 | VIGA V-1 1ER NIVEL                    | 261,80   | ML     | Q. 412,81       | Q. 108 073,66   |
| 19                 | VIGA V-2 1ER NIVEL                    | 60,00    | ML     | Q. 256,90       | Q. 15 414,00    |
| 20                 | VIGA V-1 2DO NIVEL                    | 261,80   | ML     | Q. 357,56       | Q. 93 609,21    |
| 21                 | VIGA V-2 2DO NIVEL                    | 60,00    | ML     | Q. 256,90       | Q. 15 414,00    |
| 22                 | LOSA 1ER NIVEL                        | 388,00   | m2     | Q. 433,75       | Q. 168 295,00   |
| 23                 | LOSA 2DO NIVEL                        | 388,00   | m2     | Q. 433,75       | Q. 168 295,00   |
| 24                 | LEVANTADO DE MURO 1ER NIVEL           | 407,00   | m2     | Q. 115,01       | Q. 46 809,07    |
| 25                 | LEVANTADO DE MURO 2DO NIVEL           | 423,00   | m2     | Q. 116,24       | Q. 49 169,52    |
| 26                 | Solera intermedia 0.20*0.15 1ER NIVEL | 256,80   | ML     | Q. 86,87        | Q. 22 308,22    |
| 27                 | Solera intermedia 0.20*0.15 2DO NIVEL | 275,30   | ML     | Q. 85,97        | Q. 23 667,54    |
| 28                 | SILLAR 1ER NIVEL                      | 30,00    | ML     | Q. 90,43        | Q. 2 712,90     |
| 29                 | SILLAR 2DO NIVEL                      | 30,00    | ML     | Q. 90,43        | Q. 2 712,90     |
| 30                 | DINTEL 1ER NIVEL                      | 38,00    | ML     | Q. 89,02        | Q. 3 382,76     |
| 31                 | DINTEL 2DO NIVEL                      | 37,00    | ML     | Q. 87,66        | Q. 3 243,42     |
| 32                 | INSTALACION ELECTRICA 1ER NIVEL       | 1,00     | Global | Q. 21 866,06    | Q. 21 866,06    |
| 33                 | INSTALACION ELECTRICA 2DO NIVEL       | 1,00     | Global | Q. 20 761,42    | Q. 20 761,42    |
| 34                 | INSTALACIÓN HIDRAULICA                | 1,00     | Global | Q. 27 448,16    | Q. 27 448,16    |
| 35                 | INSTALACIONES ESPECIALES              | 1,00     | Global | Q. 5 589,16     | Q. 5 589,16     |
| 36                 | INSTALACION DRENAJES                  | 1,00     | Global | Q. 9 531,93     | Q. 9 531,93     |
| 37                 | INSTALACION DE AGUAS PLUVIALES        | 1,00     | Global | Q. 13 541,63    | Q. 13 541,63    |
| 38                 | PUERTAS Y VENTANAS                    | 1,00     | Global | Q. 95 578,30    | Q. 95 578,30    |
| 39                 | TALLADO EN LOSA                       | 808,00   | m2     | Q. 107,13       | Q. 86 561,04    |
| 40                 | TALLADO EN VIGAS                      | 643,00   | ML     | Q. 96,13        | Q. 61 811,59    |
| 41                 | TALLADO EN COLUMNAS                   | 348,00   | ML     | Q. 53,02        | Q. 18 450,96    |
| 42                 | TALLADO EN MUROS                      | 1 660,00 | M2     | Q. 51,83        | Q. 86 037,80    |
| 43                 | PISO DE GRANITO                       | 712,00   | m2     | Q. 184,79       | Q. 131 570,48   |
| 44                 | PISO CERAMICO ANTIDESLIZANTE          | 87,00    | m2     | Q. 172,10       | Q. 14 972,70    |
| 45                 | AZULEJO                               | 21,60    | m2     | Q. 163,74       | Q. 3 536,78     |
| TOTAL DEL PROYECTO |                                       |          |        |                 | Q. 1 899 108,68 |

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.17. Elaboración del cronograma del centro de capacitación

El tiempo de ejecución del proyecto está basado de acuerdo en rendimientos de mano de obra.

Tabla XXVII. Cronograma del centro de capacitación

| REGLON                              | CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICA |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
|-------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
|                                     | MES 1                          |   |   |   | MES 2 |   |   |   | MES 3 |   |   |   | MES 4 |   |   |   | MES 5 |   |   |   | MES 6 |   |   |   |
|                                     | 1                              | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 |
| ROTULO DE IDENTIFICACION            | ■                              |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| PRELIMINARES                        | ■                              | ■ |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| ZAPATAS CONCENTRICAS                | ■                              | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| ZAPATAS EXCENTRICA                  | ■                              | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| CIMIENTO CORRIDO TIPO 1 (0.2* 0.50) |                                |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| SOLERA HIDROFUGA                    |                                |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| VIGA DE AMARRE (0.20 X 0.15)        |                                |   |   | ■ | ■     | ■ | ■ | ■ | ■     |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| COLUMNAS C-1                        |                                |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ | ■     |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| COLUMNAS C2                         |                                |   |   |   |       |   |   |   |       | ■ | ■ | ■ | ■     | ■ |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| COLUMNAS TIPO C3                    |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| COLUMNAS C4                         |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |       |   |   |   |
| PINEADO                             |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     |   |   |   |
| VIGA V-1                            |                                |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| VIGA V-2 1ER NIVEL                  |                                |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| VIGA V-2 2DO NIVEL                  |                                |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| LOSA 1ER NIVEL                      |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |       |   |   |   |
| LOSA 2DO NIVEL                      |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |
| LEVANTADO DE MURO 1ER NIVEL         |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |
| LEVANTADO DE MURO 2DO NIVEL         |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ |   |
| SOLERA INTERMEDIA 1ER NIVEL         |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |
| SOLERA INTERMEDIA 2DO NIVEL         |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ |   |
| SILLAR 1ER NIVEL                    |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |
| SILLAR 2DO NIVEL                    |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ | ■ |       |   |   |   |
| DINTEL 1ER NIVEL                    |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ |   |
| DINTEL 2DO NIVEL                    |                                |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   | ■     | ■ | ■ |   |

Fuente: elaboración propia.

## 2.2.18. Evaluación de Impacto Ambiental

Antes de comenzar determinados proyectos que puedan producir impactos importantes en el ambiente, la legislación obliga a hacer una evaluación de impacto ambiental, con la finalidad de identificar, predecir e interpretar los impactos que ese proyecto producirá si es ejecutado.

En el caso de este proyecto, al evaluar los posibles daños al medio ambiente, se mitigaron los impactos causados por los trabajos de instalaciones hidráulicas, drenaje sanitario, drenaje pluvial y la construcción de las aulas y talleres, con el objetivo de crear un ecosistema agradable para el medio ambiente, para que los usuarios del centro de capacitación y la comunidad a su alrededor obtengan un correcto funcionamiento de dicho centro.

Tabla XXVIII. Evaluación Impacto Ambiental

| ETAPA DE EJECUCIÓN  |   |  |
|---------------------|---|--|
| ACTIVIDADES         | IMPACTOS NEGATIVOS  | MEDIDAS DE MITIGACIÓN  |
| Limpieza y desmonte | <ul style="list-style-type: none"><li>• Aumento de la erosión por eliminación de la vegetación en zonas cercanas a la construcción.</li><li>• Tala de árboles.</li><li>• Destrucción parcial de cultivos.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar la actividad de limpieza y desmonte solo en las áreas que sean necesarias.</li><li>• Concientizar previamente a los vecinos sobre la tala de árboles y destrucción de los cultivos.</li></ul> |

Continuación de la tabla XXVIII.

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>Ingreso de maquinaria liviana, cuadrilla de trabajadores y materiales.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de ruido.</li> <li>• Producción de desechos.</li> <li>• Obstrucción parcial del tránsito.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar en horas donde se cauce la menor molestia a la población.</li> <li>• Mantener bolsas de basura para cualquier desecho que produzca la cuadrilla.</li> </ul> |
| <p>Construcción de la obra.</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibles accidentes de los trabajadores y población.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar avisos o señales cerca de la construcción.</li> <li>• Cuando lo amerite usar equipos de protección como casco y arnés para realizar el trabajo.</li> </ul>   |

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. La utilización de un sistema de alcantarillado sanitario, evita la transmisión de enfermedades gastrointestinales, causadas por las escorrentías de aguas residuales que fluyen superficialmente sobre el suelo. Mejorar también el ornato y evita la proliferación de insectos y la contaminación del medio ambiente.
2. El presupuesto del alcantarillado sanitario de las aldeas El Encinón, El Naranjo y caserío El Naranjito para Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa; asciende a Q. 6 126 952,18. Se estimó una longitud de 6 475 metros, a un precio por metro lineal de Q. 941,19. Según casos análogos de proyectos de alcantarillado sanitario anteriores recientes, el precio obtenido en este proyecto se encuentra dentro del rango de precios en esta zona de Santa Cruz Naranjo.
3. El resultado de la relación beneficio/costo de la red de alcantarillado sanitario es menor a 1; lo que indica que el proyecto genera más costos que beneficios; esto hace que el mismo no sea rentable para el inversionista. Este tipo de proyecto es de carácter social, el Estado asumirá los costos del mismo para la construcción. Este proyecto es una necesidad básica e importante para las habitantes de las aldeas El Encinón y El Naranjo y Caserío El Naranjito, que carece de este servicio; al mismo tiempo mejorará la calidad de vida de los beneficiados.

4. El centro de capacitación para el municipio de Santa Cruz Naranjo, fue presupuestada con un costo directo más IVA de Q. 1 899 108,68; Con un área a construir de 404 m<sup>2</sup>. Este sistema constructivo de dos niveles es primera vez que se utiliza en el municipio, por lo tanto no se encuentran casos análogos del mismo; por lo que el costo directo por metro cuadrado de dicha edificación es de Q. 4 700,76. Considerando para ello la mano de obra del lugar.
5. La utilización del sistema estructural de marcos dúctiles con losas planas de concreto reforzado, en el centro de capacitación, la hace una estructura sismo resistente, ya que se utilizó el método SEAOC y AGIES, que considera los efectos laterales que el sismo causa.
6. La relación beneficio/costo del centro de capacitación, hace que el mismo no sea rentable para el inversionista, ya que generan más costos que beneficios. Por ser un proyecto de carácter social, el Estado asumirá los costos de construcción del mismo.

## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

1. Una vez construido el sistema de alcantarillado sanitario, se debe implementar un plan de mantenimiento, principalmente después, de la época de lluvia; puesto que conforme el tiempo transcurra, se acumularán sólidos o basura en el fondo de las tuberías, colectores y pozos de visita.
2. Crear un fondo para el mantenimiento del centro de capacitación, para garantizar a largo plazo las condiciones necesarias para el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje.
3. Educar a los habitantes de la comunidad, (a través de folletos, posters, carteles y charlas, entre otros), a fin de crear conciencia de la necesidad de conocer, valorar y conservar el medio ambiente. Éstos debe realizarse durante las fases de construcción y ejecución de las actividades del proyecto.
4. Los presupuestos son una referencia, ya que están sujetos a cambios, principalmente por las circunstancias económicas que existan al momento de construir. Por lo que se consideró presupuestar los proyectos respecto a la moneda del dólar para atenuar de una forma más exacta los precios de los mismos al momento de realizar la contratación.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Building Code Requirements for Structural Concrete: ACI 318-2 008*. California: ACI, 2008. 459 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. p.irr.
3. Instituto Nacional de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados sanitarios para la república de Guatemala*. Guatemala: INFOM, 2001. 30 p.
4. JUÁREZ GONZÁLEZ, José Emanuel. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Trapiche Abajo y edificación escolar para colonia La Unión, municipio de Asunción Mita, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 130 p.
5. SANTISTEBAN MONTUFAR, Rudy Abegglen. *Diseño y planificación de edificación escolar de dos niveles para el Barrio San Francisco, y alcantarillado sanitario para la aldea Pinal del Río, municipio de San José el Ídolo, Suchitepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 174 p.



# APÉNDICES

## Apéndice A. Resumen de cálculos hidráulicos

| DE PV  | A PV   | COTAS TERRENO |        | DAM (FLG) | S% TUBO | S TUBERIA | SEC. LLEVA |         | qQ     |        | v/v    |        | VELOCIDAD (v) |        | qID    |        | COTAS INVERT |        | PROF POZO |        |
|--------|--------|---------------|--------|-----------|---------|-----------|------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|--------------|--------|-----------|--------|
|        |        | INICIO        | FINAL  |           |         |           | Q(l/s)     | Q(m³/s) | ACTUAL | FUTURO | ACTUAL | FUTURO | ACTUAL        | FUTURO | ACTUAL | FUTURO | ACTUAL       | FUTURO |           | ACTUAL |
| PV1    | PV2    | 1000.00       | 999.21 | 6         | 5.28    | 0.05      | 2.60       | 47.48   | 0.008  | 0.008  | 0.31   | 0.31   | 0.79          | 0.79   | 0.07   | 0.07   | 998.60       | 997.81 | 1.40      | 1.40   |
| PV2    | PV3    | 999.21        | 994.88 | 6         | 13.26   | 0.13      | 4.12       | 75.21   | 0.005  | 0.006  | 0.27   | 0.29   | 1.13          | 1.19   | 0.06   | 0.06   | 997.78       | 993.48 | 1.43      | 1.40   |
| PV3    | PV4    | 994.88        | 994.14 | 6         | 2.20    | 0.02      | 1.68       | 30.63   | 0.013  | 0.025  | 0.35   | 0.38   | 0.58          | 0.63   | 0.08   | 0.09   | 993.45       | 992.74 | 1.43      | 1.40   |
| PV4    | PV-4.1 | 994.14        | 993.11 | 6         | 8.20    | 0.08      | 3.24       | 59.14   | 0.007  | 0.015  | 0.30   | 0.33   | 0.96          | 1.08   | 0.06   | 0.08   | 992.71       | 991.71 | 1.43      | 1.40   |
| PV-4.1 | PV-4.2 | 993.11        | 994.16 | 6         | 2.62    | 0.03      | 1.83       | 33.46   | 0.013  | 0.020  | 0.36   | 0.40   | 0.65          | 0.74   | 0.08   | 0.10   | 992.76       | 991.71 | 1.40      | 1.40   |
| PV-4.2 | PV-5   | 993.11        | 991.59 | 8         | 8.16    | 0.08      | 3.92       | 127.06  | 0.009  | 0.017  | 0.32   | 0.38   | 1.25          | 1.50   | 0.07   | 0.10   | 991.66       | 990.19 | 1.45      | 1.40   |
| PV-5   | PV-6   | 991.59        | 987.48 | 8         | 11.07   | 0.11      | 4.56       | 147.99  | 0.010  | 0.018  | 0.33   | 0.39   | 1.50          | 1.77   | 0.07   | 0.10   | 990.16       | 986.08 | 1.43      | 1.40   |
| PV-6   | PV-7   | 987.48        | 986.50 | 8         | 0.85    | 0.01      | 1.26       | 41.01   | 0.038  | 0.070  | 0.48   | 0.58   | 0.60          | 0.73   | 0.13   | 0.18   | 986.05       | 985.85 | 1.43      | 0.65   |
| PV-7.1 | PV-7   | 989.53        | 986.50 | 6         | 11.15   | 0.11      | 3.78       | 68.97   | 0.006  | 0.008  | 0.28   | 0.30   | 1.07          | 1.15   | 0.06   | 0.07   | 988.13       | 985.90 | 1.40      | 0.60   |
| PV-8   | PV-7   | 985.19        | 986.50 | 8         | 0.80    | 0.01      | 1.23       | 39.78   | 0.010  | 0.012  | 0.33   | 0.35   | 0.40          | 0.42   | 0.07   | 0.08   | 984.59       | 984.44 | 0.60      | 2.06   |
| PV-9   | PV-9   | 986.50        | 983.45 | 8         | 11.90   | 0.12      | 4.73       | 153.44  | 0.019  | 0.038  | 0.39   | 0.46   | 1.86          | 2.50   | 0.10   | 0.12   | 984.41       | 982.85 | 2.09      | 0.60   |
| PV-9   | PV-10  | 983.45        | 979.71 | 8         | 15.00   | 0.15      | 5.31       | 172.27  | 0.017  | 0.035  | 0.38   | 0.47   | 2.03          | 2.50   | 0.10   | 0.13   | 982.05       | 978.31 | 1.40      | 1.40   |
| PV-10  | PV-11  | 979.71        | 978.43 | 8         | 6.15    | 0.06      | 3.40       | 110.31  | 0.027  | 0.055  | 0.44   | 0.54   | 1.49          | 1.83   | 0.12   | 0.16   | 978.28       | 977.03 | 1.43      | 1.40   |
| PV-11  | PV-12  | 978.43        | 974.33 | 8         | 15.80   | 0.16      | 5.45       | 176.80  | 0.018  | 0.035  | 0.39   | 0.46   | 2.12          | 2.50   | 0.16   | 0.13   | 977.00       | 972.93 | 1.43      | 1.40   |
| PV-12  | PV-13  | 974.33        | 972.92 | 8         | 5.15    | 0.05      | 3.11       | 100.94  | 0.033  | 0.064  | 0.46   | 0.56   | 1.43          | 1.75   | 0.13   | 0.17   | 972.90       | 971.52 | 1.43      | 1.40   |
| PV-13  | PV-14  | 972.92        | 970.67 | 8         | 5.95    | 0.06      | 3.35       | 108.50  | 0.032  | 0.063  | 0.46   | 0.56   | 1.54          | 1.88   | 0.17   | 0.23   | 971.49       | 969.27 | 1.43      | 1.40   |
| PV-14  | PV-15  | 970.67        | 969.02 | 8         | 3.47    | 0.03      | 2.56       | 82.86   | 0.044  | 0.085  | 0.50   | 0.61   | 1.28          | 1.56   | 0.14   | 0.20   | 969.24       | 967.62 | 1.43      | 1.40   |
| PV-15  | PV-15  | 976.12        | 969.02 | 6         | 22.40   | 0.22      | 5.36       | 97.74   | 0.004  | 0.004  | 0.25   | 0.25   | 1.33          | 1.33   | 0.05   | 0.05   | 974.72       | 967.62 | 1.40      | 1.40   |
| PV-15  | PV-17  | 969.02        | 968.10 | 8         | 1.90    | 0.02      | 1.89       | 61.31   | 0.067  | 0.129  | 0.57   | 0.69   | 1.08          | 1.30   | 0.18   | 0.24   | 967.59       | 966.70 | 1.43      | 1.40   |
| PV-17  | PV-18  | 968.10        | 962.36 | 8         | 8.70    | 0.09      | 4.05       | 131.20  | 0.032  | 0.061  | 0.46   | 0.55   | 1.84          | 2.24   | 0.12   | 0.17   | 966.67       | 961.56 | 1.43      | 0.80   |
| PV-18  | PV-19  | 962.36        | 963.18 | 8         | 0.33    | 0.00      | 0.79       | 25.55   | 0.165  | 0.316  | 0.76   | 0.89   | 0.60          | 0.70   | 0.28   | 0.39   | 961.53       | 961.50 | 0.83      | 1.68   |
| PV-20  | PV-19  | 960.83        | 951.98 | 6         | 11.84   | 0.12      | 3.90       | 71.07   | 0.068  | 0.068  | 0.27   | 0.27   | 1.06          | 1.06   | 0.06   | 0.06   | 959.43       | 950.58 | 1.40      | 1.40   |
| PV-19  | PV-21  | 951.98        | 943.49 | 8         | 10.76   | 0.11      | 4.50       | 145.91  | 0.031  | 0.060  | 0.45   | 0.55   | 2.03          | 2.48   | 0.12   | 0.17   | 950.27       | 942.09 | 1.71      | 1.40   |
| PV-21  | PV-22  | 943.49        | 934.07 | 10        | 12.36   | 0.12      | 5.60       | 283.53  | 0.017  | 0.032  | 0.38   | 0.46   | 2.14          | 2.50   | 0.10   | 0.12   | 942.04       | 932.67 | 1.45      | 1.40   |
| PV-22  | PV-23  | 934.07        | 929.29 | 10        | 7.47    | 0.07      | 4.35       | 220.42  | 0.02   | 0.04   | 0.40   | 0.49   | 1.74          | 2.13   | 0.10   | 0.14   | 932.64       | 927.89 | 1.43      | 1.40   |
| PV-23  | PV-24  | 929.29        | 925.82 | 10        | 6.38    | 0.06      | 4.02       | 203.71  | 0.026  | 0.048  | 0.43   | 0.52   | 1.74          | 2.07   | 0.11   | 0.15   | 927.86       | 924.42 | 1.43      | 1.40   |
| PV-24  | PV-25  | 925.82        | 922.24 | 10        | 5.07    | 0.05      | 3.58       | 181.59  | 0.030  | 0.057  | 0.45   | 0.54   | 1.60          | 1.95   | 0.12   | 0.16   | 924.39       | 920.84 | 1.43      | 1.40   |
| PV-25  | PV-26  | 922.24        | 919.15 | 10        | 9.28    | 0.09      | 4.85       | 245.68  | 0.023  | 0.043  | 0.42   | 0.45   | 2.02          | 2.18   | 0.11   | 0.14   | 920.81       | 917.75 | 1.43      | 1.40   |
| PV-26  | PV-27  | 919.15        | 916.17 | 10        | 7.90    | 0.08      | 4.47       | 226.68  | 0.025  | 0.048  | 0.43   | 0.52   | 1.91          | 2.31   | 0.11   | 0.15   | 917.72       | 914.77 | 1.43      | 1.40   |
| PV-27  | PV-28  | 916.17        | 914.37 | 10        | 3.92    | 0.04      | 3.15       | 159.67  | 0.038  | 0.070  | 0.48   | 0.58   | 1.52          | 1.82   | 0.13   | 0.18   | 914.74       | 912.97 | 1.43      | 1.40   |

Continuación de apéndice A.

| DE     | A      | COTAS DE TERRENO |        | DIAMETRO (PLG) | S TUBERIA | VELOCIDAD (V) | CAUDAL (Q) | qQ     |        | v/v    |        | VELOCIDAD (v) |        | d/d    |        | COTAS INVERT |        | PROFUNDIDAD DEFOZO |        |        |
|--------|--------|------------------|--------|----------------|-----------|---------------|------------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|--------------|--------|--------------------|--------|--------|
|        |        | INICIO           | FINAL  |                |           |               |            | ACTUAL | FUTURO | ACTUAL | FUTURO | ACTUAL        | FUTURO | ACTUAL | FUTURO | ACTUAL       | FUTURO | ACTUAL             | FUTURO | ACTUAL |
| PV-33  | PV-34  | 890.24           | 885.32 | 12             | 0.09      | 5.53          | 403.57     | 0.018  | 0.033  | 0.39   | 0.46   | 2.13          | 2.50   | 0.10   | 0.13   | 888.81       | 884.46 | 1.43               | 0.86   |        |
| PV-34  | PV-35  | 885.32           | 877.74 | 12             | 0.14      | 6.72          | 490.34     | 0.016  | 0.029  | 0.37   | 0.44   | 2.50          | 2.97   | 0.10   | 0.12   | 883.92       | 876.88 | 1.40               | 0.86   |        |
| PV-35  | PV-36  | 877.74           | 872.35 | 12             | 0.10      | 5.77          | 421.09     | 0.019  | 0.036  | 0.40   | 0.45   | 2.29          | 2.50   | 0.10   | 0.13   | 876.34       | 870.95 | 1.40               | 1.40   |        |
| PV-36  | PV-37  | 872.35           | 871.10 | 12             | 0.03      | 2.86          | 208.64     | 0.041  | 0.075  | 0.49   | 0.59   | 1.41          | 1.68   | 0.14   | 0.19   | 870.92       | 869.70 | 1.43               | 1.40   |        |
| PV-37  | PV-38  | 871.10           | 869.19 | 12             | 0.04      | 3.74          | 272.89     | 0.032  | 0.058  | 0.46   | 0.55   | 1.72          | 2.04   | 0.12   | 0.16   | 869.67       | 867.79 | 1.43               | 1.40   |        |
| PV-38  | PV-40  | 869.19           | 862.43 | 12             | 0.12      | 6.23          | 454.29     | 0.020  | 0.036  | 0.40   | 0.47   | 2.50          | 2.94   | 0.10   | 0.13   | 867.76       | 861.31 | 1.43               | 1.12   |        |
| PV-41  | PV-40  | 865.14           | 862.43 | 6              | 0.10      | 3.50          | 63.91      | 0.006  | 0.006  | 0.28   | 0.28   | 0.98          | 0.98   | 0.06   | 0.06   | 863.74       | 861.03 | 1.40               | 1.40   |        |
| PV-40  | PV-42  | 862.43           | 857.80 | 12             | 0.06      | 4.57          | 333.58     | 0.03   | 0.05   | 0.45   | 0.52   | 2.04          | 2.39   | 0.12   | 0.15   | 861.00       | 857.50 | 1.43               | 0.30   |        |
| PV-42  | PV-42  | 859.60           | 857.80 | 6              | 0.02      | 1.74          | 31.66      | 0.013  | 0.013  | 0.34   | 0.34   | 0.59          | 0.59   | 0.08   | 0.08   | 858.20       | 857.50 | 1.40               | 0.30   |        |
| PV-42  | PV-42A | 857.80           | 857.90 | 12             | 0.00      | 0.51          | 37.09      | 0.216  | 0.393  | 0.79   | 0.94   | 0.40          | 0.48   | 0.32   | 0.44   | 857.47       | 857.45 | 0.33               | 0.45   |        |
| PV-42A | PV-42B | 857.90           | 857.95 | 12             | 0.001     | 0.51          | 37.09      | 0.216  | 0.393  | 0.79   | 0.94   | 0.40          | 0.48   | 0.32   | 0.44   | 857.42       | 857.41 | 0.48               | 0.54   |        |
| PV-42B | PV-43  | 857.95           | 858.00 | 12             | 0.011     | 1.84          | 134.38     | 0.071  | 0.129  | 0.59   | 0.69   | 1.09          | 1.27   | 0.18   | 0.24   | 856.85       | 856.60 | 1.10               | 1.40   |        |
| PV-43  | PV-44  | 858.00           | 857.38 | 12             | 0.03      | 2.86          | 209.01     | 0.063  | 0.097  | 0.53   | 0.63   | 1.52          | 1.82   | 0.16   | 0.21   | 856.57       | 855.95 | 1.43               | 1.43   |        |
| PV-45  | PV-44  | 860.80           | 857.38 | 6              | 0.11      | 3.74          | 68.16      | 0.006  | 0.006  | 0.16   | 0.16   | 0.60          | 0.60   | 0.04   | 0.04   | 859.40       | 855.98 | 1.40               | 1.40   |        |
| PV-44  | PV-46  | 857.38           | 856.70 | 12             | 0.04      | 3.53          | 257.32     | 0.044  | 0.080  | 0.50   | 0.60   | 1.77          | 2.12   | 0.14   | 0.19   | 855.95       | 855.30 | 1.43               | 1.40   |        |
| PV-47  | PV-46  | 868.25           | 856.70 | 6              | 0.24      | 5.60          | 102.17     | 0.004  | 0.004  | 0.11   | 0.11   | 0.60          | 0.60   | 0.07   | 0.07   | 866.85       | 855.30 | 1.40               | 1.40   |        |
| PV-46  | PV-48  | 856.70           | 855.04 | 12             | 0.07      | 4.69          | 341.98     | 0.034  | 0.062  | 0.47   | 0.53   | 2.18          | 2.50   | 0.13   | 0.17   | 855.27       | 853.64 | 1.43               | 1.40   |        |
| PV-48  | PV-49  | 855.04           | 849.32 | 12             | 0.14      | 6.70          | 488.93     | 0.024  | 0.044  | 0.42   | 0.50   | 2.80          | 2.99   | 0.10   | 0.14   | 853.11       | 847.92 | 1.93               | 1.40   |        |
| PV-49  | PV-49A | 849.32           | 849.32 | 12             | 0.00      | 0.80          | 58.65      | 0.275  | 0.501  | 0.78   | 0.91   | 0.63          | 0.73   | 0.30   | 0.41   | 847.89       | 847.88 | 1.43               | 1.44   |        |
| PV-A   | PV-B   | 849.78           | 850.29 | 12             | 0.01      | 1.71          | 124.41     | 0.003  | 0.003  | 0.23   | 0.23   | 0.40          | 0.40   | 0.05   | 0.05   | 848.88       | 848.60 | 0.90               | 1.69   |        |
| PV-B   | PV-C   | 850.29           | 849.25 | 12             | 0.01      | 1.94          | 141.85     | 0.003  | 0.003  | 0.23   | 0.23   | 0.45          | 0.45   | 0.05   | 0.05   | 848.57       | 847.85 | 1.72               | 1.40   |        |
| PV-C   | PV-D   | 849.25           | 848.10 | 12             | 0.02      | 2.29          | 166.92     | 0.002  | 0.005  | 0.22   | 0.27   | 0.51          | 0.62   | 0.06   | 0.06   | 847.82       | 846.70 | 1.43               | 1.40   |        |
| PV-D   | PV-92  | 848.10           | 847.07 | 12             | 0.01      | 2.10          | 153.50     | 0.004  | 0.008  | 0.26   | 0.31   | 0.54          | 0.65   | 0.06   | 0.07   | 846.67       | 845.67 | 1.43               | 1.40   |        |
| PV-55  | PV-54  | 964.50           | 958.22 | 6              | 0.17      | 4.73          | 86.26      | 0.005  | 0.005  | 0.13   | 0.13   | 0.62          | 0.62   | 0.01   | 0.01   | 963.10       | 956.82 | 1.40               | 1.40   |        |
| PV-56  | PV-54  | 971.42           | 958.22 | 6              | 0.16      | 4.50          | 82.01      | 0.005  | 0.005  | 0.13   | 0.13   | 0.60          | 0.60   | 0.03   | 0.03   | 970.02       | 956.82 | 1.40               | 1.40   |        |
| PV-54  | PV-53  | 958.22           | 953.04 | 8              | 0.10      | 4.32          | 140.24     | 0.003  | 0.003  | 0.23   | 0.23   | 0.97          | 0.97   | 0.04   | 0.04   | 956.79       | 951.64 | 1.43               | 1.40   |        |



## Apéndice C. Ensayo de Análisis Granulométrico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

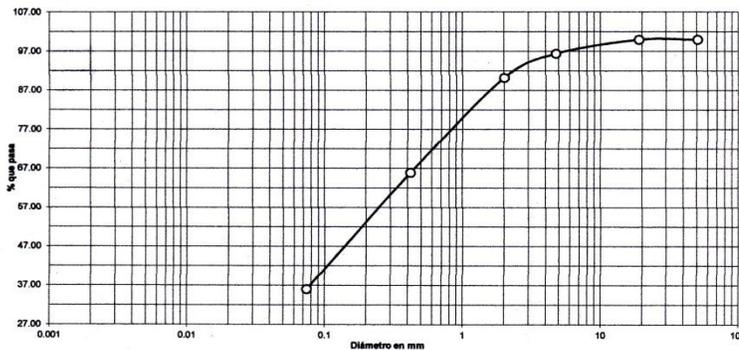


INFORME No. 0410 S.S. O.T. No. 30,331

Interesado: Carlos Ivan Herrera Monterroso  
 Tipo de Ensayo: Con tamices y lavado previo.  
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27 Fecha: 03 de octubre del 2012  
 Proyecto: EPS- Centro de Capacitacion para Santa Cruz Naranjo  
 Procedencia: Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa

| Análisis con Tamices: |               |            |
|-----------------------|---------------|------------|
| Tamiz                 | Abertura (mm) | % que pasa |
| 1 1/2"                | 50.8          | 100.00     |
| 3/4"                  | 19.05         | 100.00     |
| 4                     | 4.76          | 96.41      |
| 10                    | 2             | 90.20      |
| 40                    | 0.42          | 65.90      |
| 200                   | 0.074         | 36.05      |

% de Grava: 3.59  
 % de Arena: 60.37  
 % de Finos: 36.05



Descripción del suelo: Arena limosa Color Café  
 Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4  
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Mariela Caño Morales  
 DIRECTORA CII/USAC.



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERÍA —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>

Fuente: elaboración propia.

Ensayo realizado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

## Apéndice D. Ensayo de límites de Atterberg



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 0411 S. S.      O.T.: 30,331

Interesado: Carlos Ivan Herrera Monterroso  
Proyecto: EPS- Centro de Capacitacion para Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa

FECHA: 3 de octubre del 2012

**RESULTADOS:**

| ENSAYO<br>No. | MUESTRA<br>No. | L.L.<br>(%) | I.P.<br>(%) | C.S.U. * | DESCRIPCION DEL SUELO             |
|---------------|----------------|-------------|-------------|----------|-----------------------------------|
| 1             | 1              | 0           | 0           | SM       | Arena limosa con grava color café |

(\*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones:  
Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
DIRECTORA DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



DIRECCION  
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>

Fuente: elaboración propia.  
Ensayo realizado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

## Apéndice E. Planos constructivos

- Alcantarillado sanitario Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa
  - Planta general drenaje sanitario el Naranjo
  - Perfil de drenaje general de P.V.1 a P.V.14
  - Perfil de drenaje general de P.V.14 a P.V.22
  - Perfil de drenaje general de P.V.22 a P.V.31
  - Perfil de drenaje general de P.V.31 a P.V.40
  - Perfil de drenaje general de P.V.1 a P.V.40
  - Perfil de drenaje general de P.V.40 a P.V.90 y P.V.92A a P.V.90
  - Perfil de drenaje general de P.V.92A a P.V.96 y P.V.95 a P.V.100
  - Perfil de drenaje general de P.V.107 a P.V.99
  - Perfil de drenaje general de P.V.109 a P.V.124
  - Perfil de drenaje general de P.V.124 a P.V.130
  - Perfil de drenaje general de P.V.180 a P.V.135
  - Perfil de drenaje general de P.V.135 a P.V.92
  - Perfil de drenaje general de P.V.52 a P.V.61
  - Perfil de drenaje general de P.V.61 a P.V.88
  - Perfil de drenaje general de P.V.78 a P.V.49
  - Perfil de drenaje general de P.V.49 a P.V.73
  - Planta y secciones de fosa séptica
  - Detalle de pozos de visita y pozo de absorción
  
- Centro de Capacitación Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa
  - Planta general + curvas de nivel
  - Muro perimetral + detalles
  - Planta amueblada

- Planta acotada
- Elevaciones + secciones
- Planta de acabados
- Planta de cimentación + columnas
- Detalles de cimentación
- Planta de instalaciones hidráulicas + especiales
- Planta de instalaciones de drenaje + bajadas pluviales
- Planta de armado de losa + detalles
- Detalle de vigas
- Planta de instalación eléctrica iluminación
- Planta de instalación eléctrica fuerza
- Detalle de gradas + especificaciones

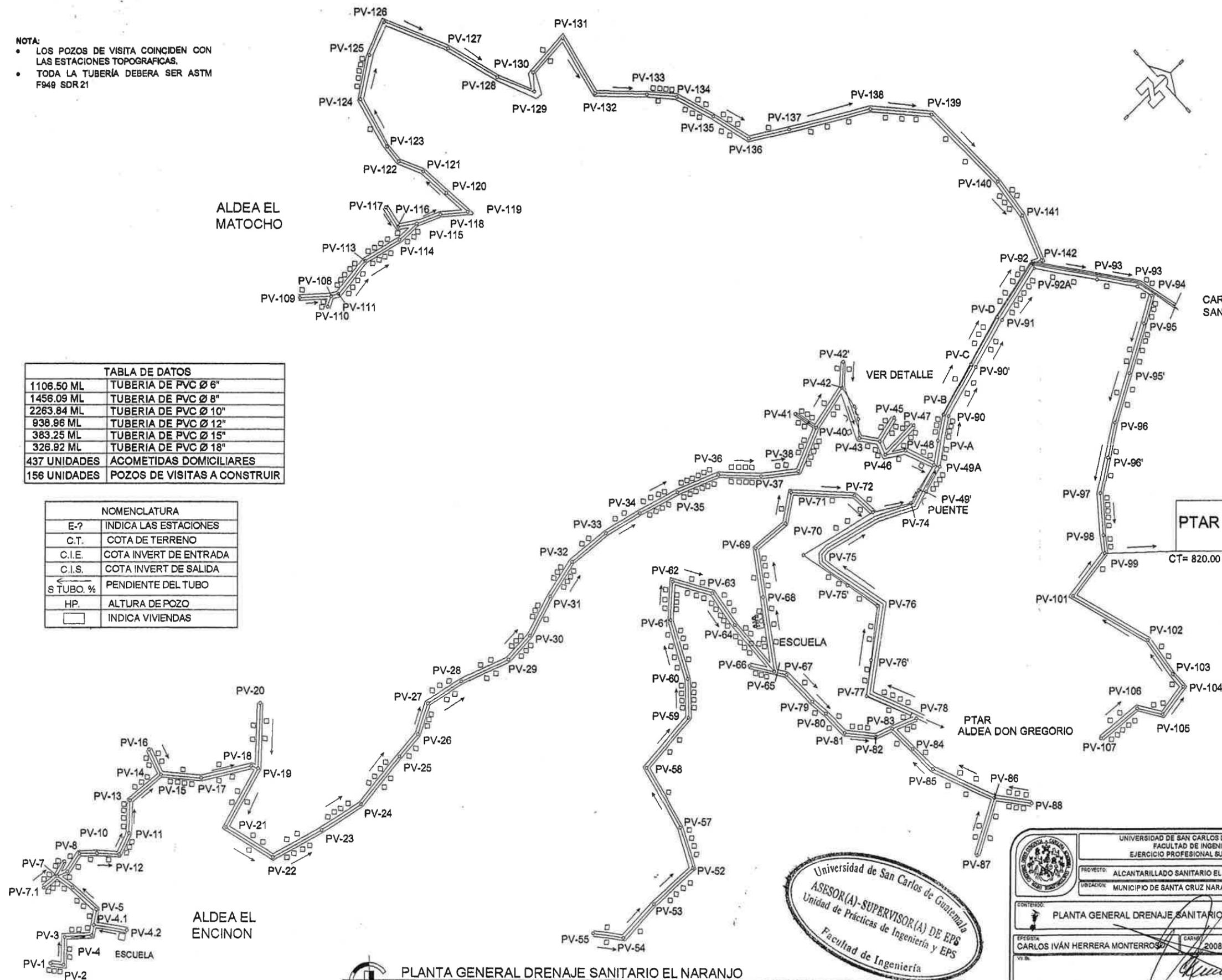
- NOTA:
- LOS POZOS DE VISITA COINCIDEN CON LAS ESTACIONES TOPOGRAFICAS.
  - TODA LA TUBERIA DEBERA SER ASTM F949 SDR 21

ALDEA EL MATOCHO

CARRETERA A SANTA CRUZ NARANJO

| TABLA DE DATOS |                              |
|----------------|------------------------------|
| 1106.50 ML     | TUBERIA DE PVC Ø 6"          |
| 1456.09 ML     | TUBERIA DE PVC Ø 8"          |
| 2263.84 ML     | TUBERIA DE PVC Ø 10"         |
| 938.96 ML      | TUBERIA DE PVC Ø 12"         |
| 383.25 ML      | TUBERIA DE PVC Ø 15"         |
| 326.92 ML      | TUBERIA DE PVC Ø 18"         |
| 437 UNIDADES   | ACOMETIDAS DOMICILIARES      |
| 156 UNIDADES   | POZOS DE VISITAS A CONSTRUIR |

| NOMENCLATURA |                        |
|--------------|------------------------|
| E-?          | INDICA LAS ESTACIONES  |
| C.T.         | COTA DE TERRENO        |
| C.I.E.       | COTA INVERT DE ENTRADA |
| C.I.S.       | COTA INVERT DE SALIDA  |
| S TUBO. %    | PENDIENTE DEL TUBO     |
| HP.          | ALTURA DE POZO         |
|              | INDICA VIVIENDAS       |



PTAR

CT= 820.00

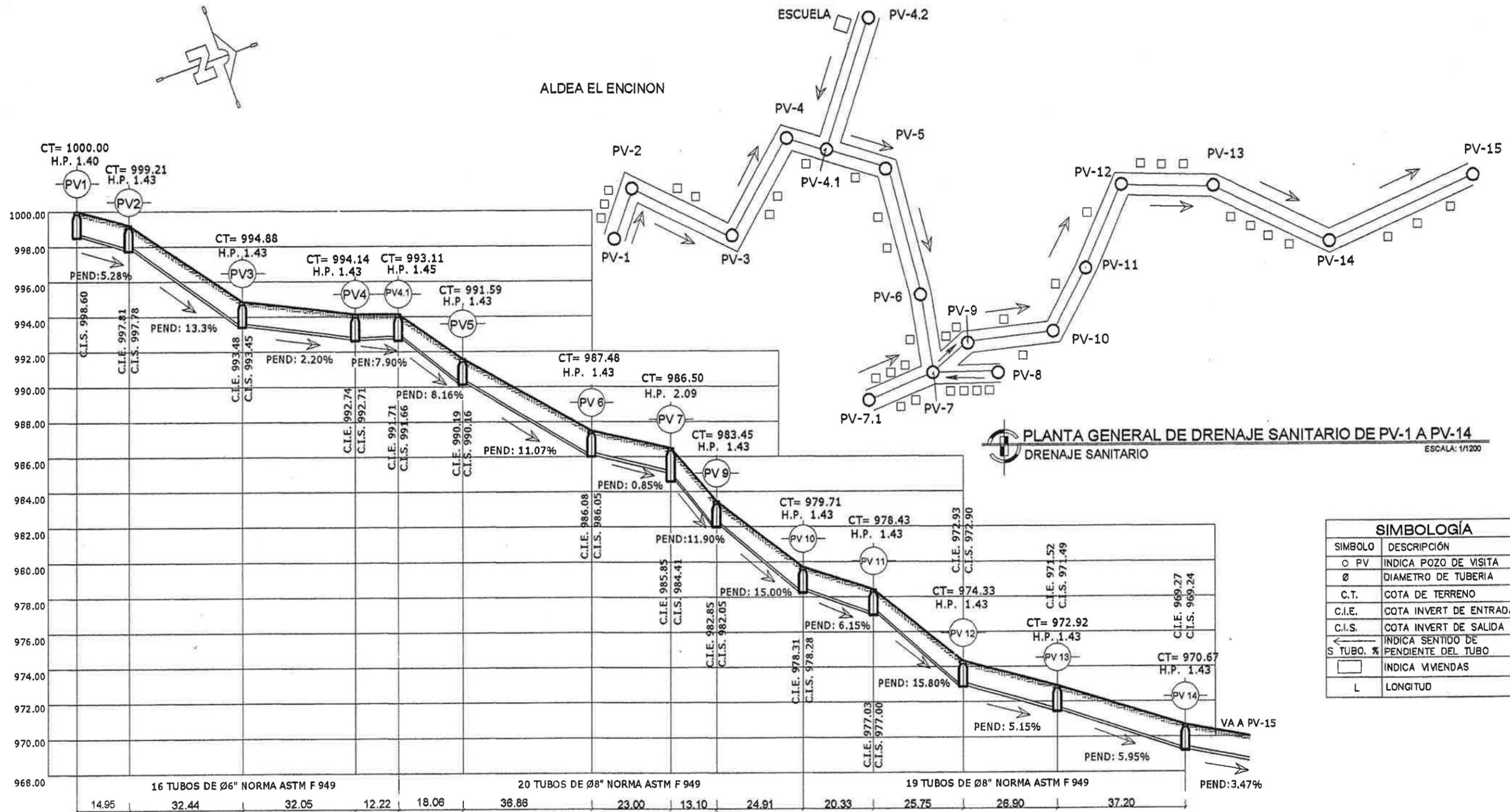
ALDEA EL ENCINON

PLANTA GENERAL DRENAJE SANITARIO EL NARANJO  
DRENAJE SANITARIO



ESC: 1/4500

|   |                      |                 |
|---|----------------------|-----------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |                      |                 |
| PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |                      |                 |
| CONTENIDO: PLANTA GENERAL DRENAJE SANITARIO EL NARANJO  |                      |                 |
| EFECTIVA:<br>CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO   | CARGO:<br>2008-18917 | HOJA:<br>1 / 19 |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>EPS DE INGENIERIA CIVIL   |                      |                 |



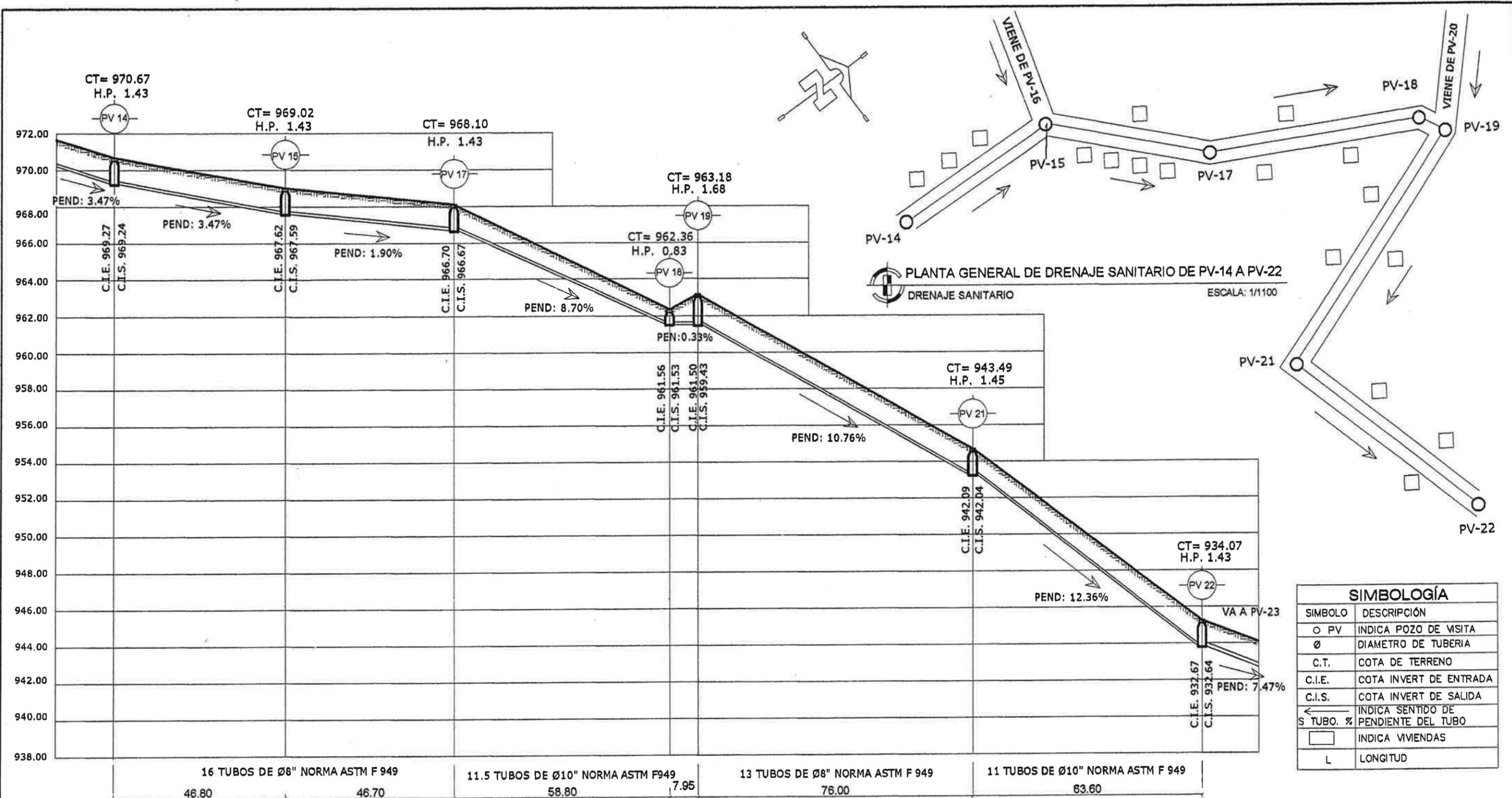
| SIMBOLOGÍA |  |
|------------|--|
| ○ PV       | INDICA POZO DE VISITA                          |
| Ø          | DIAMETRO DE TUBERIA                            |
| C.T.       | COTA DE TERRENO                                |
| C.I.E.     | COTA INVERT DE ENTRADA                         |
| C.I.S.     | COTA INVERT DE SALIDA                          |
| ←          | INDICA SENTIDO DE S TUBO. % PENDIENTE DEL TUBO |
| □          | INDICA VIVIENDAS                               |
| L          | LONGITUD                                       |

**PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-1 A PV-14**  
DRENAJE SANITARIO

ESC: VER: 1/500  
HOR: 1/1200

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|   |                         |
|---|-------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO | SANTA CRUZ NARANJO      |
|   | SANTA ROSA              |
| PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO   |                         |
| LUGAR: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA  |                         |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE DRENAJE GENERAL DE P.V.1 A P.V.14   |                         |
| PROYECTISTA: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO   | FECHA: 2008-1881        |
| VERIFICADO: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO  | FECHA: 2008-1881        |
| ASESOR(A): Ing. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOA  | FECHA: 2008-1881        |
| EPS DE INGENIERIA CIVIL   | EPS DE INGENIERIA CIVIL |



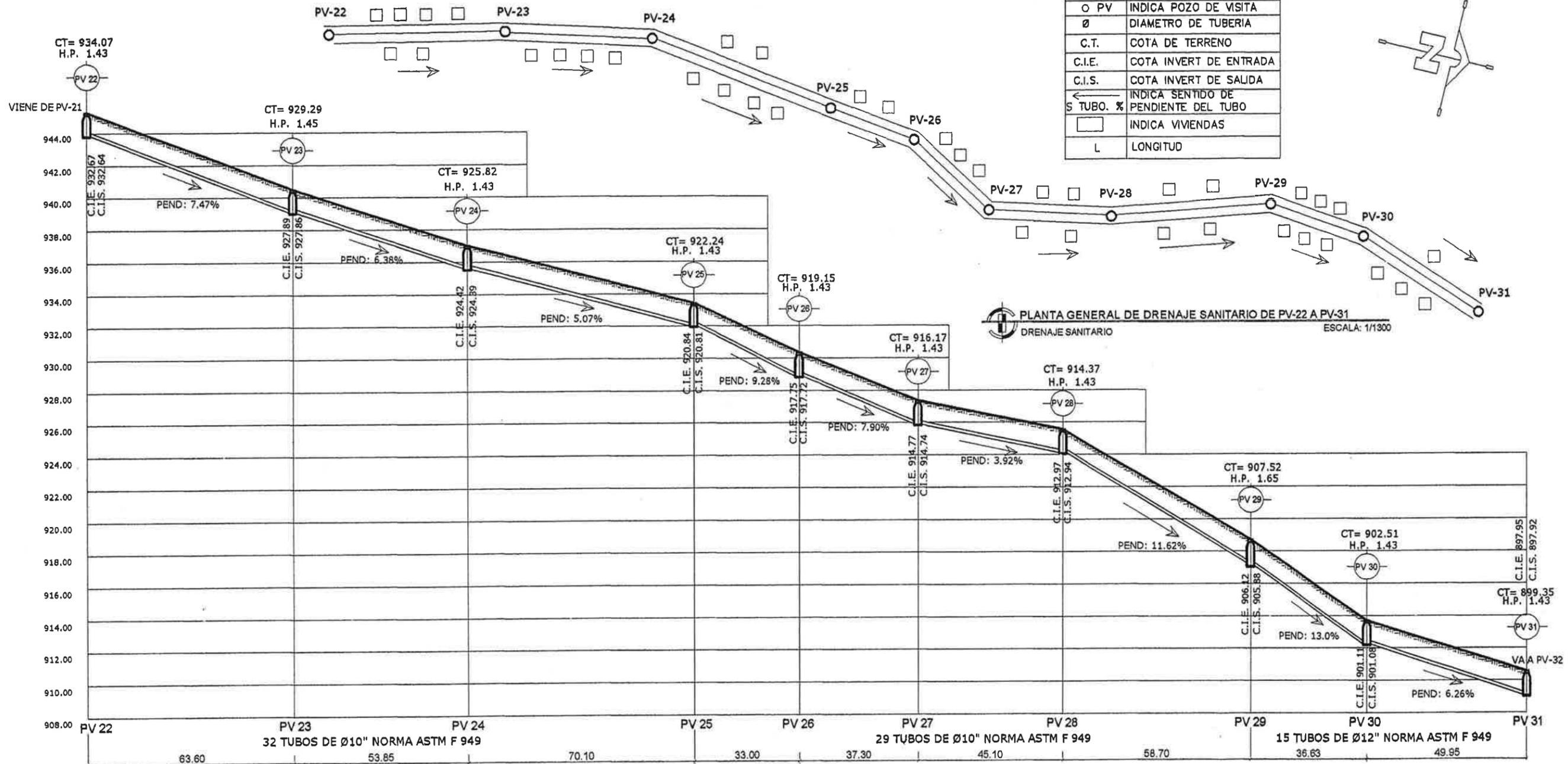
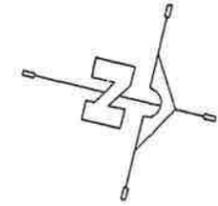
| SIMBOLOGÍA |                             |
|------------|-----------------------------|
| SIMBOLO    | DESCRIPCIÓN                 |
| ○ PV       | INDICA POZO DE VISITA       |
| ∅          | DIAMETRO DE TUBERIA         |
| C.T.       | COTA DE TERRENO             |
| C.I.E.     | COTA INVERT DE ENTRADA      |
| C.I.S.     | COTA INVERT DE SALIDA       |
| ←          | INDICA SENTIDO DE S TUBO. % |
| ▭          | INDICA VIVIENDAS            |
| L          | LONGITUD                    |

**PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-14 A PV-22**  
DRENAJE SANITARIO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
**ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS**  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|   |                    |                     |
|---|--------------------|---------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |                    | SANTA CRUZ NARANJO  |
| PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO   |                    | SANTA ROSA          |
| UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA  |                    |                     |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V.14 A P.V.22   |                    |                     |
| EFECTUO: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSSO  | CADENA: 2008-18917 | HOJA: 3 / 19        |
| VOTOS: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSSO<br>EPS DE INGENIERIA CIVIL                                     |                    | FECHA: ENERO / 2013 |

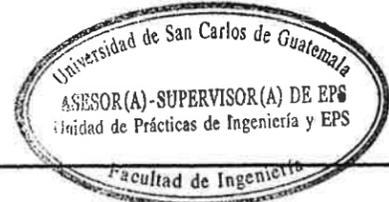
| SIMBOLOGÍA |                             |
|------------|-----------------------------|
| ○ PV       | INDICA POZO DE VISITA       |
| ∅          | DIAMETRO DE TUBERIA         |
| C.T.       | COTA DE TERRENO             |
| C.I.E.     | COTA INVERT DE ENTRADA      |
| C.I.S.     | COTA INVERT DE SALIDA       |
| ←          | INDICA SENTIDO DE S TUBO. % |
| □          | INDICA VIVIENDAS            |
| L          | LONGITUD                    |



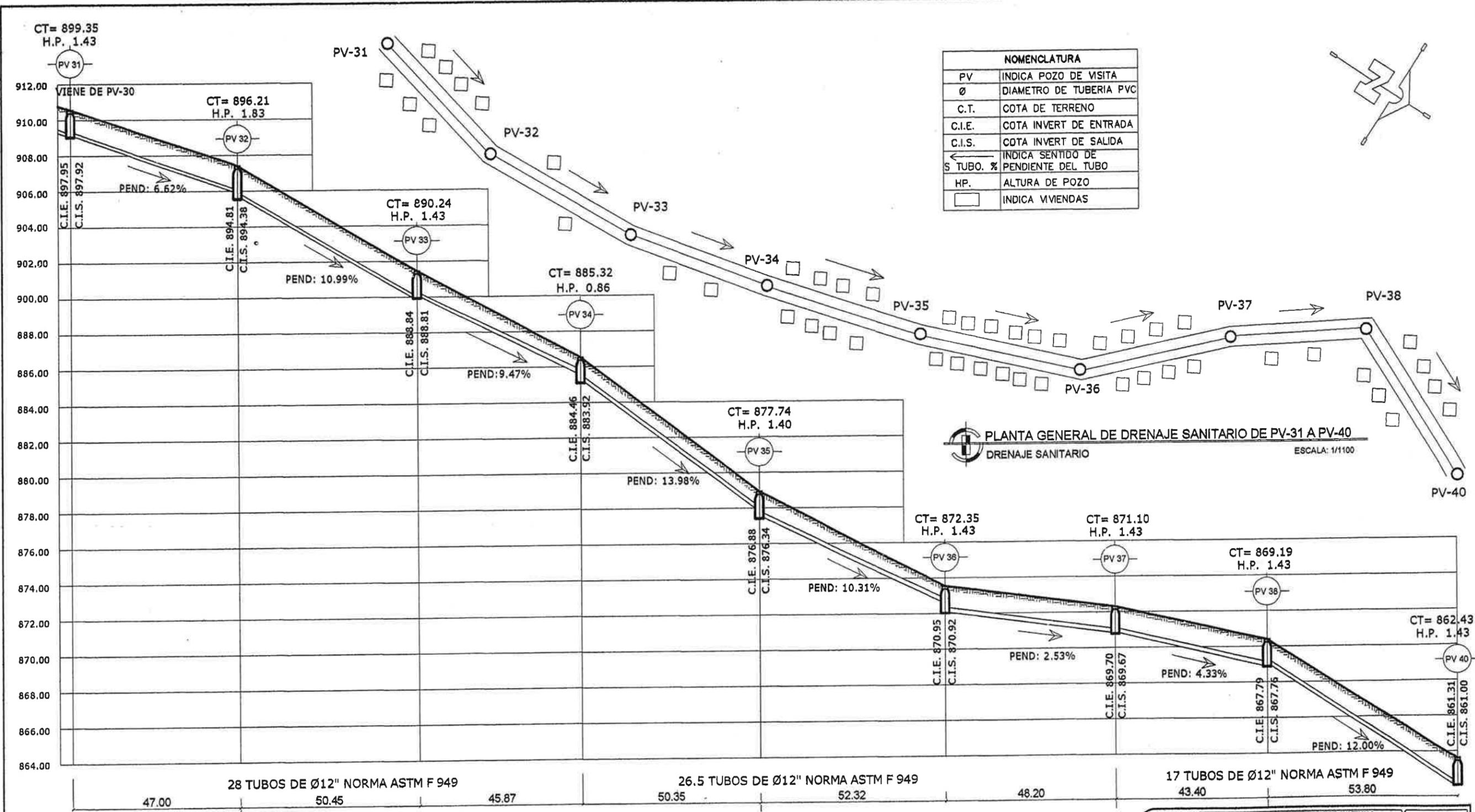
PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-22 A PV-31  
DRENAJE SANITARIO ESCALA: 1/1300

PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-22 A PV-31  
DRENAJE SANITARIO

ESC: VER: 1/500  
HOR: 1/1300



|  |                   |  |
|--|-------------------|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  |                   |  |
| PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA  |                   |  |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V.22 A P.V.31  |                   |  |
| EFECTUO: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO  | CADEN: 2008-18817 | HOJA: 1/19   |
| DISEÑO: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>CÁLCULO: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>DIBUJO: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>ESCALA: INDICADA<br>FECHA: ENERO / 2013 |                   |  |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>EPS DE INGENIERIA CIVIL  |                   | Ing. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA ROSA<br>ASESOR EPS |



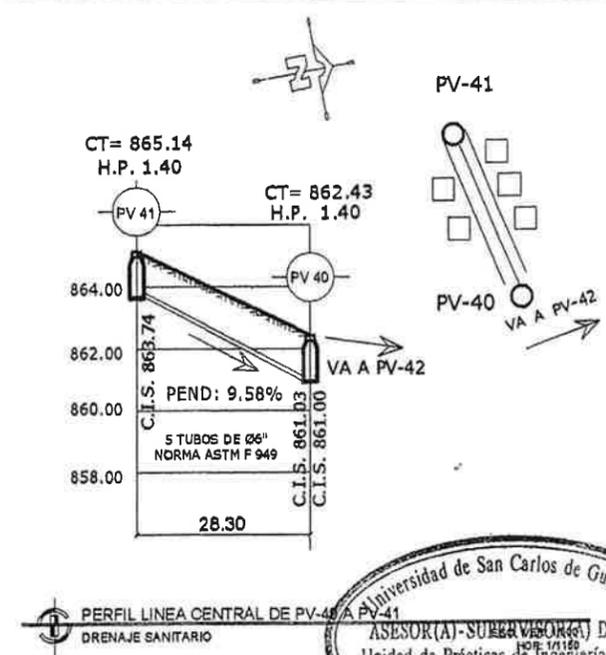
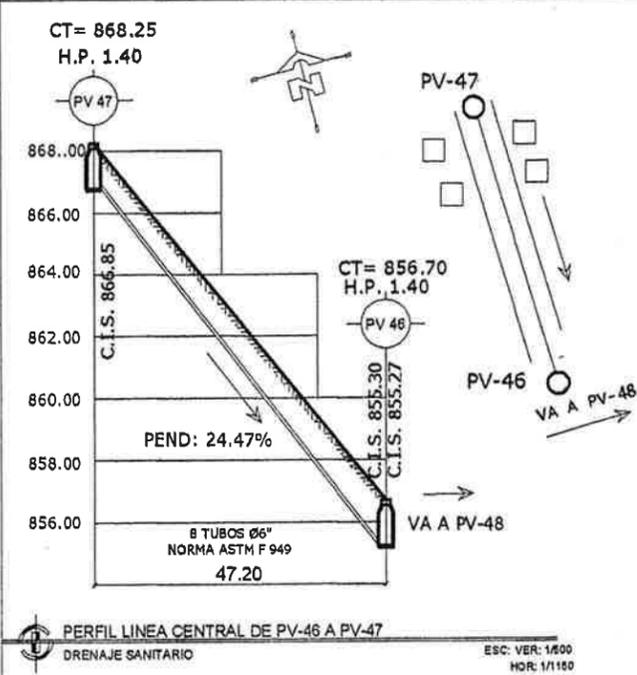
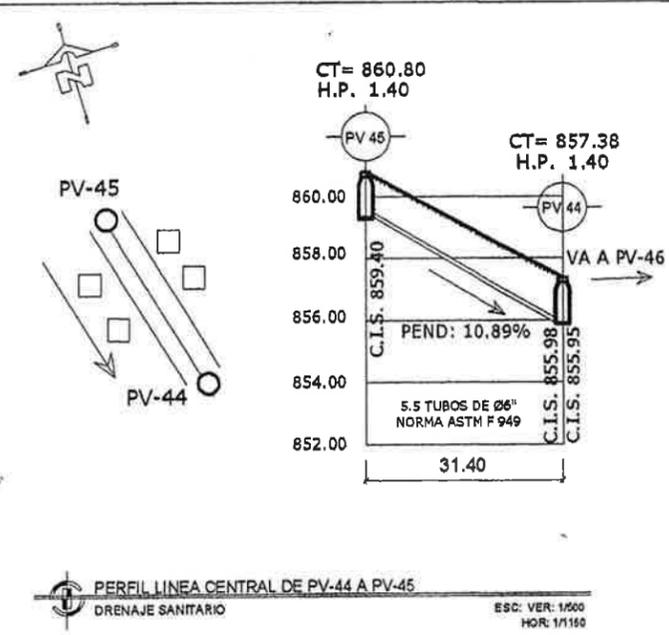
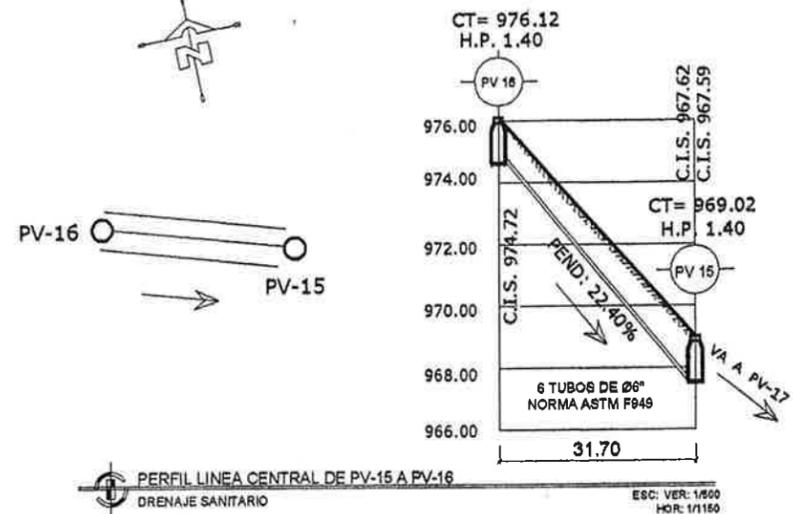
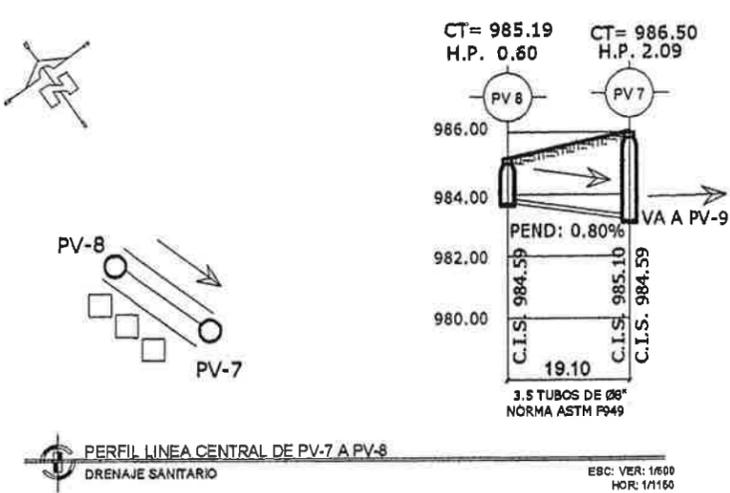
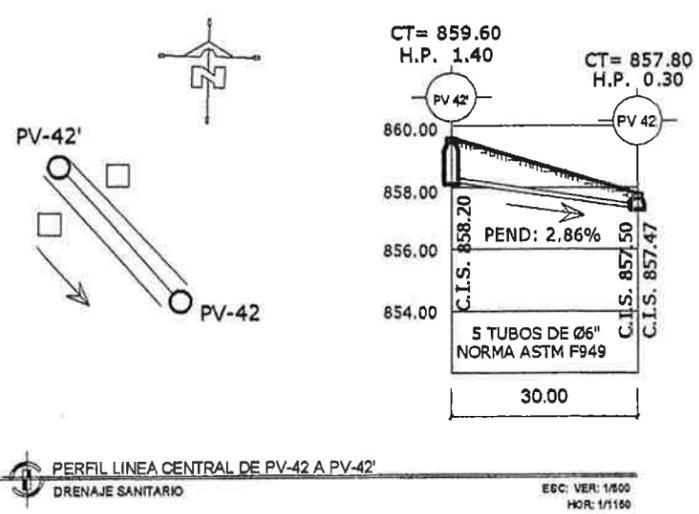
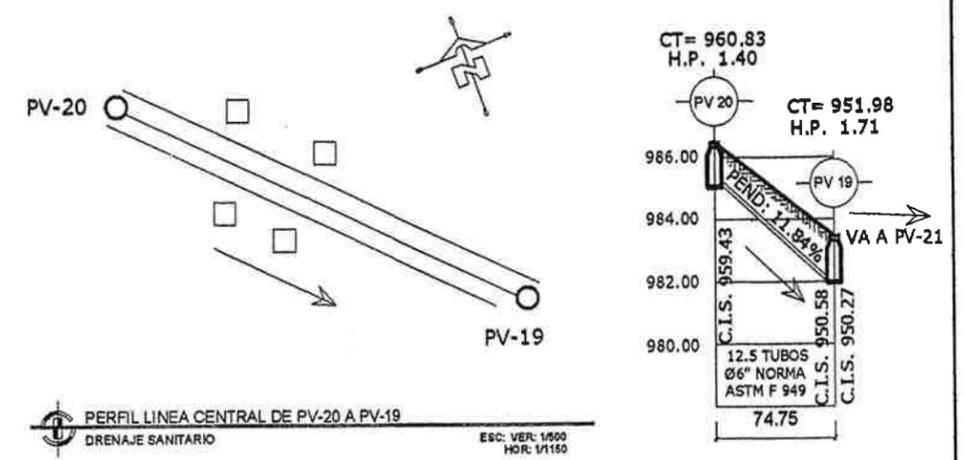
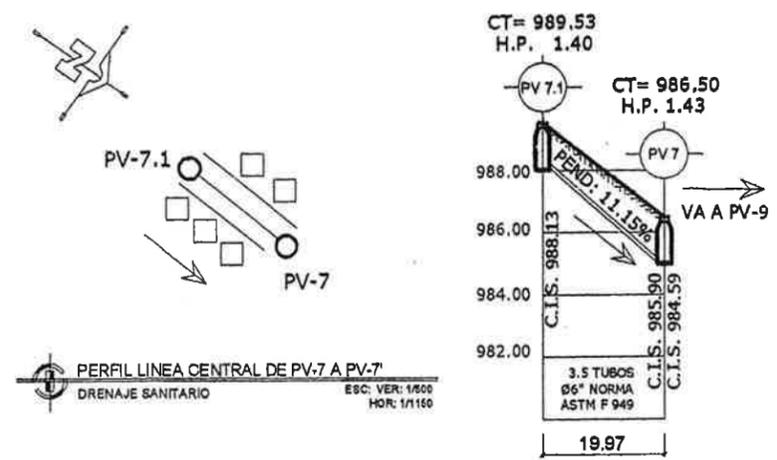
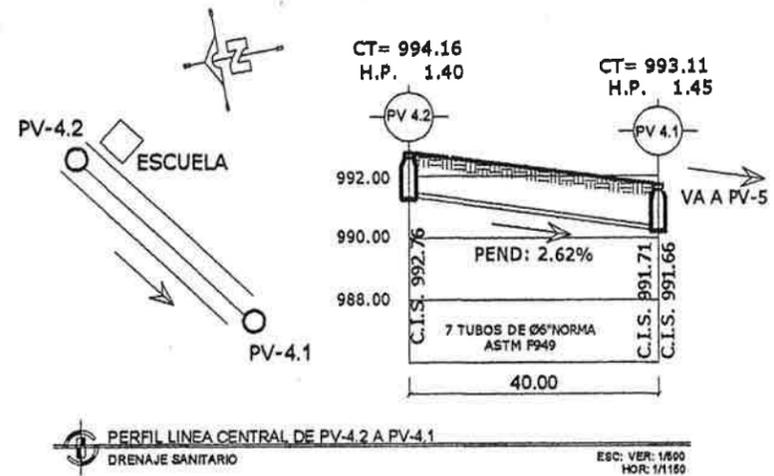
| NOMENCLATURA |  |
|--------------|--|
| PV           | INDICA POZO DE VISITA                          |
| Ø            | DIAMETRO DE TUBERIA PVC                        |
| C.T.         | COTA DE TERRENO                                |
| C.I.E.       | COTA INVERT DE ENTRADA                         |
| C.I.S.       | COTA INVERT DE SALIDA                          |
| ←            | INDICA SENTIDO DE S TUBO. % PENDIENTE DEL TUBO |
| HP.          | ALTURA DE POZO                                 |
| □            | INDICA VIVIENDAS                               |

PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-31 A PV-40  
DRENAJE SANITARIO ESCALA: 1/1100

PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-31 A PV-40  
DRENAJE SANITARIO

|   |              |   |
|---|--------------|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |              |   |
| PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |              |   |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V. 31 A P.V. 40   |              |   |
| EXPEDIENTE: CARLOS NÁN HERRERA MONTERROSO<br>FECHA: 2008-18817  | HOJA: 5 / 10 | ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE Unidad de Prácticas de Ingeniería y Facultad de Ingeniería |
| CARLOS NÁN HERRERA MONTERROSO<br>INGENIERO CIVIL  |              |   |

ESC: VER-17500  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE Unidad de Prácticas de Ingeniería y Facultad de Ingeniería



| NOMENCLATURA |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| PV           | INDICA POZO DE VISITA                |
| Ø            | DIAMETRO DE TUBERIA PVC              |
| C.T.         | COTA DE TERRENO                      |
| C.I.E.       | COTA INVERT DE ENTRADA               |
| C.I.S.       | COTA INVERT DE SALIDA                |
| S TUBO. %    | INDICA SENTIDO DE PENDIENTE DEL TUBO |
| HP.          | ALTURA DE POZO                       |
| □            | INDICA VIVIENDAS                     |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO  
UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ-NARANJO, SANTA ROSA

PLANTA PERFIL DRENAJE RAMALES DE P.V.1 A P.V.40

PROFESOR: CARLOS IVAN HERRERA MONTERROSO  
CARRERA: INGENIERIA CIVIL  
NOVA: 2008-18917  
FECHA: 6 / 18

ASISTENTE: CARLOS IVAN HERRERA MONTERROSO  
CARRERA: INGENIERIA CIVIL  
NOVA: 2008-18917  
FECHA: 6 / 18

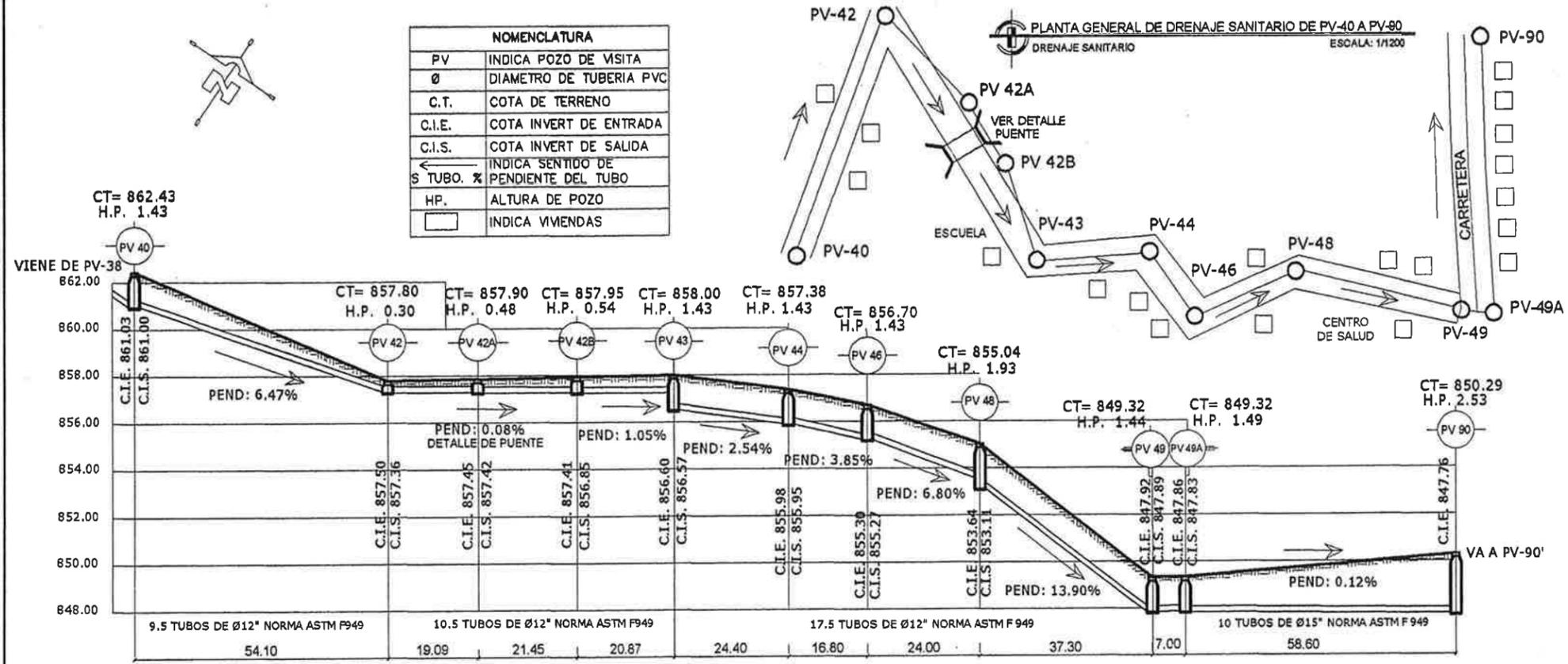
MANUAL ALFREDO ASSUNCIÓN GONZALEZ  
EJECUTOR

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS  
SANTO ROSA

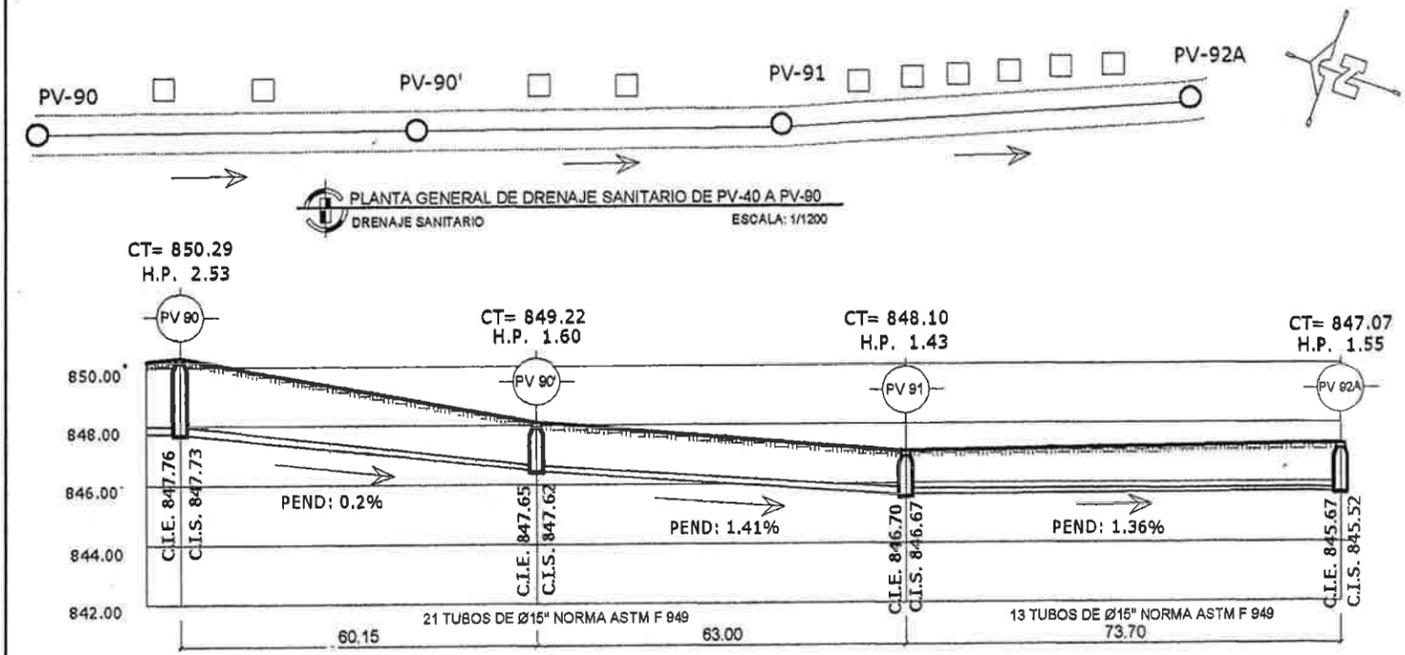
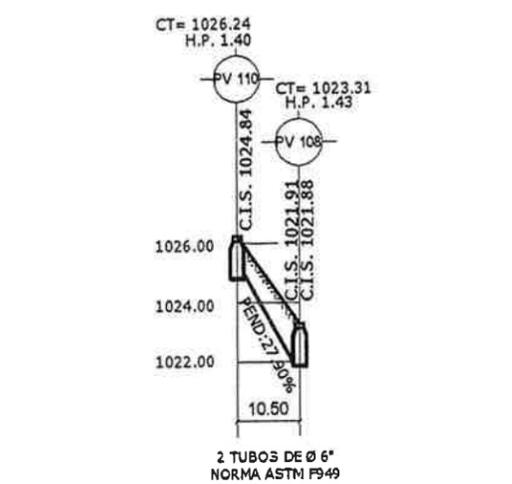
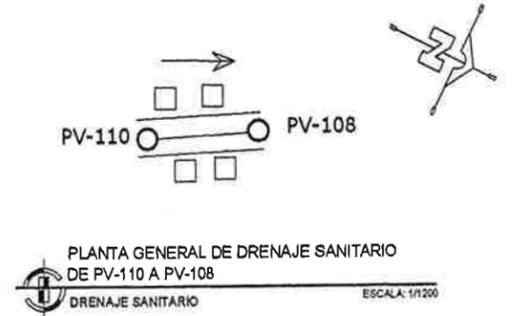
REVISOR: CARLOS IVAN HERRERA M.  
DISEÑADOR: CARLOS IVAN HERRERA M.  
INDICADA  
FECHA: ENERO / 2013



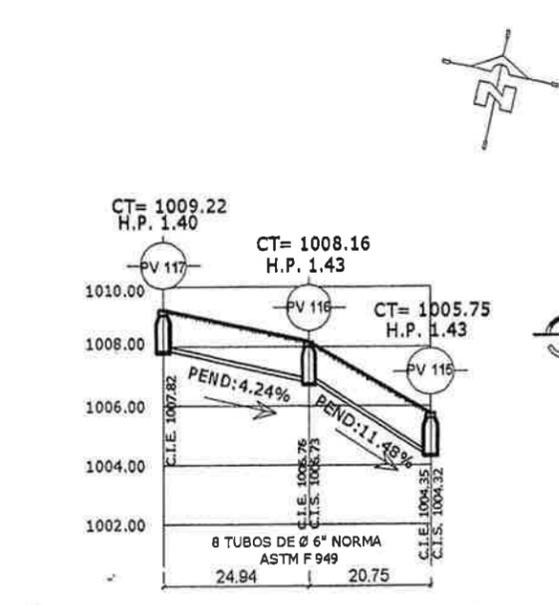
| NOMENCLATURA |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| PV           | INDICA POZO DE VISITA                |
| Ø            | DIAMETRO DE TUBERIA PVC              |
| C.T.         | COTA DE TERRENO                      |
| C.I.E.       | COTA INVERT DE ENTRADA               |
| C.I.S.       | COTA INVERT DE SALIDA                |
| ←            | INDICA SENTIDO DE TUBO               |
| ↳            | INDICA SENTIDO DE PENDIENTE DEL TUBO |
| HP.          | ALTURA DE POZO                       |
| □            | INDICA VIVENDAS                      |



PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-40 A PV-90  
DRENAJE SANITARIO ESC: VER: 1/500 HOR: 1/1200



PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-92A A PV-90  
DRENAJE SANITARIO ESC: VER: 1/500 HOR: 1/1200

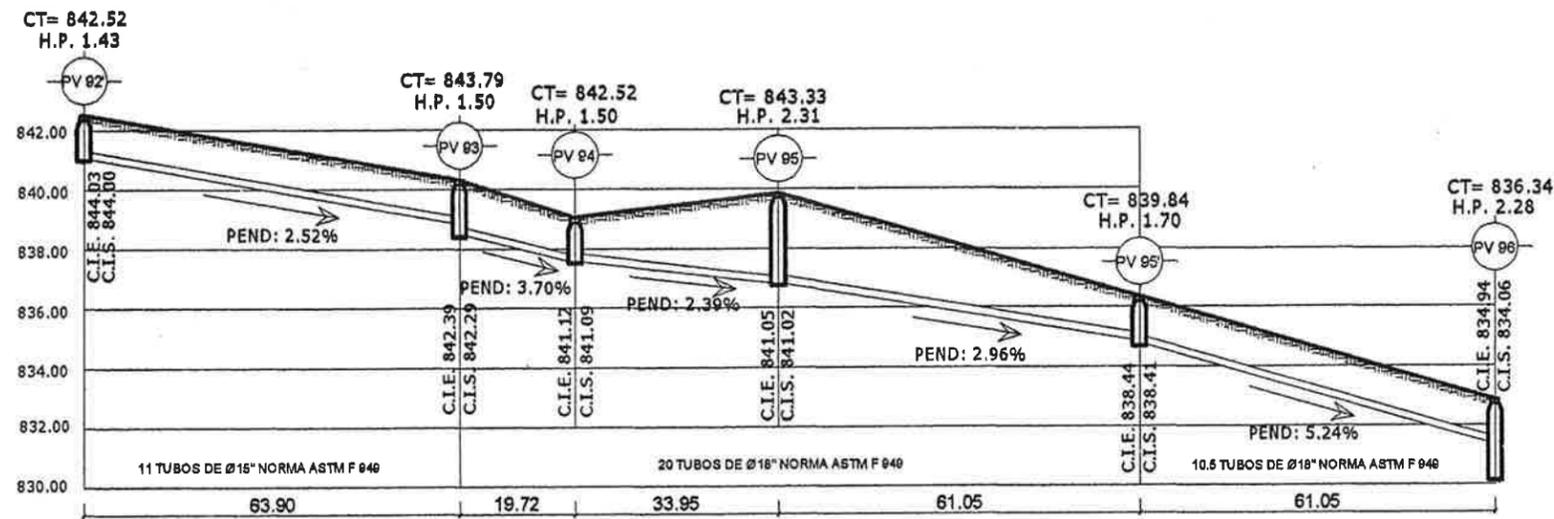


PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-115 A PV-117  
DRENAJE SANITARIO ESC: VER: 1/500 HOR: 1/1200



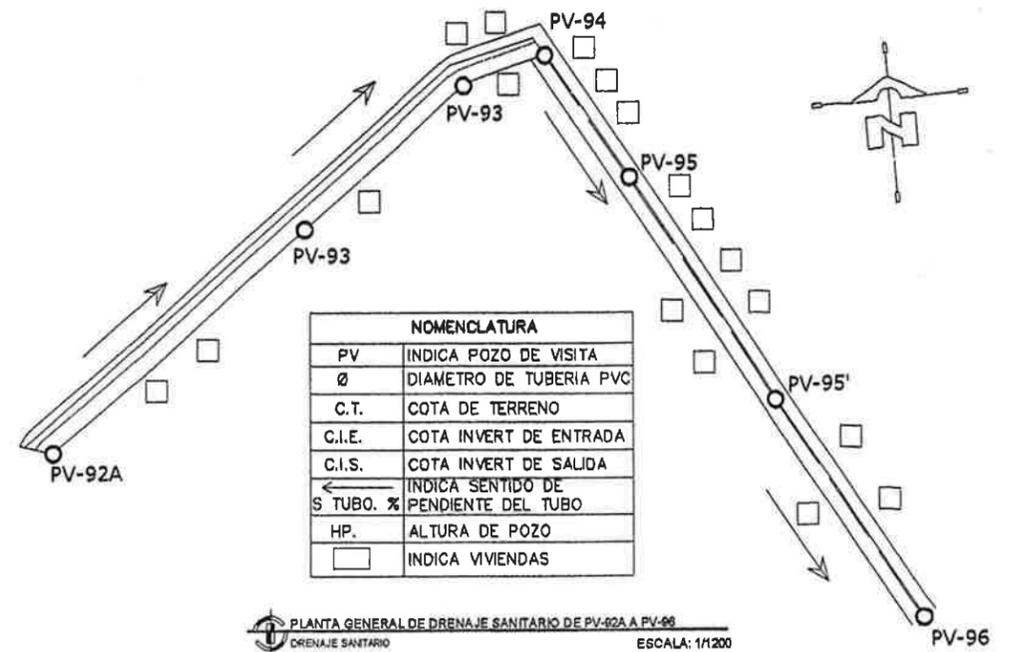
|   |                       |                |
|---|-----------------------|----------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO             |                       |                |
| PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA           |                       |                |
| TITULO: PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V. 40 A P.V. 90<br>PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V. 92A A P.V. 90 |                       |                |
| PROFESOR:<br>CARLOS MÁN HERRERA MONTERROSO  | NÚMERO:<br>2008-18917 | FECHA:<br>7/18 |
| CARLOS MÁN HERRERA MONTERROSO<br>INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL  |                       |                |

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



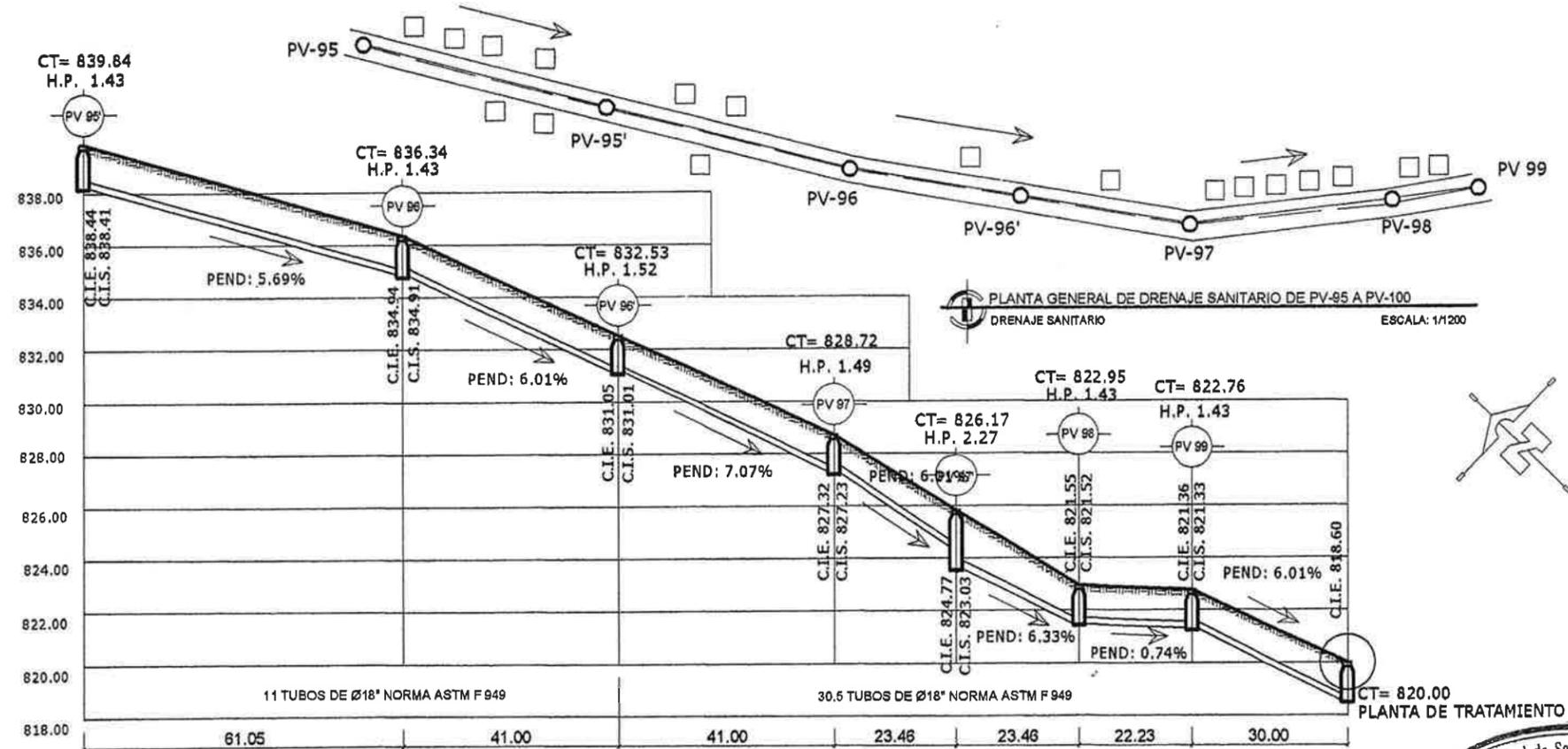
PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-92A A PV-96  
DRENAJE SANITARIO

ESC: VER: 1/500  
HOR: 1/1200



PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-92A A PV-96  
DRENAJE SANITARIO

ESCALA: 1/1200

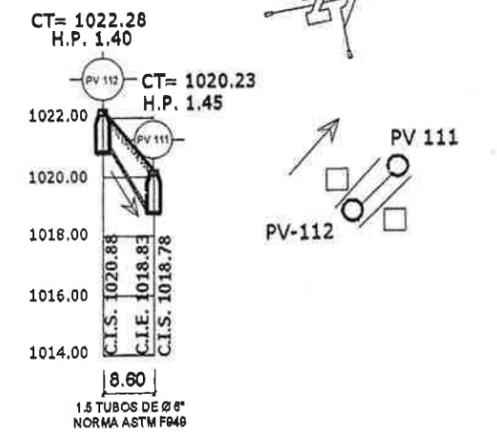


PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-95 A PV-100  
DRENAJE SANITARIO

ESC: VER: 1/500  
HOR: 1/1200

PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-95 A PV-100  
DRENAJE SANITARIO

ESCALA: 1/1200

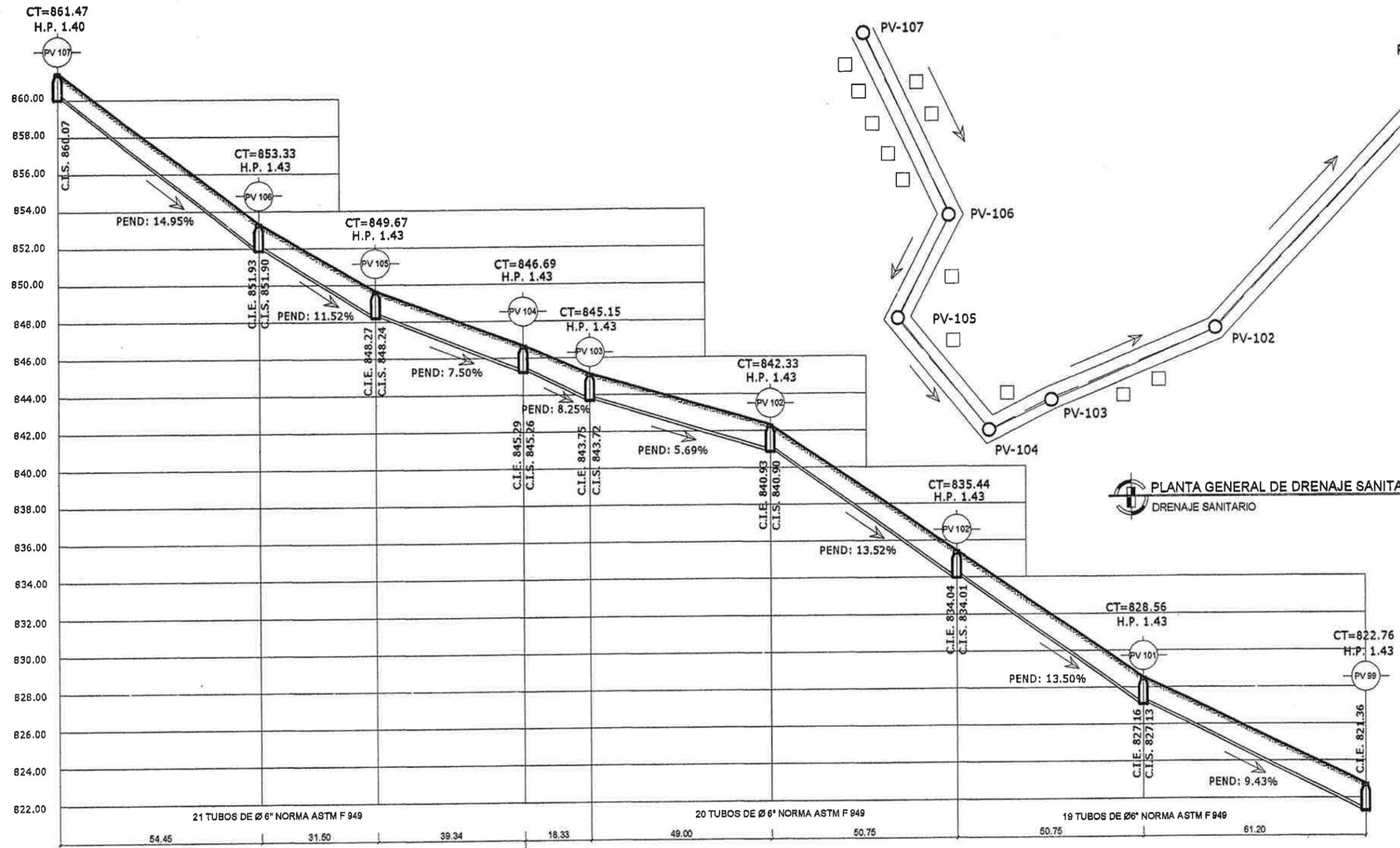


PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-112 A PV-111  
DRENAJE SANITARIO

ESC: VER: 1/500  
HOR: 1/1200

|            |  |   |                        |
|------------|--|---|------------------------|
|            | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  |   |                        |
|            | PROYECTO:  | ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO         |                        |
|            | UBICACION:   | MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |                        |
| CONTENIDO: | PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V.92A A P.V.96<br>PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V.96 A P.V.100 |   |                        |
| INGENIERO: | CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO   | IDENTIFICACION:                             | 22008-18917            |
| FECHA:     | 8/19   | INGENIERO:                                  | CARLOS IVÁN HERRERA M. |
|            |  | INGENIERO:                                  | CARLOS IVÁN HERRERA M. |
|            |  | INGENIERO:                                  | CARLOS IVÁN HERRERA M. |
|            |  | INGENIERO:                                  | CARLOS IVÁN HERRERA M. |
|            |  | INGENIERO:                                  | CARLOS IVÁN HERRERA M. |

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-107 A PV-99  
DRENAJE SANITARIO  
ESCALA: 1/1200

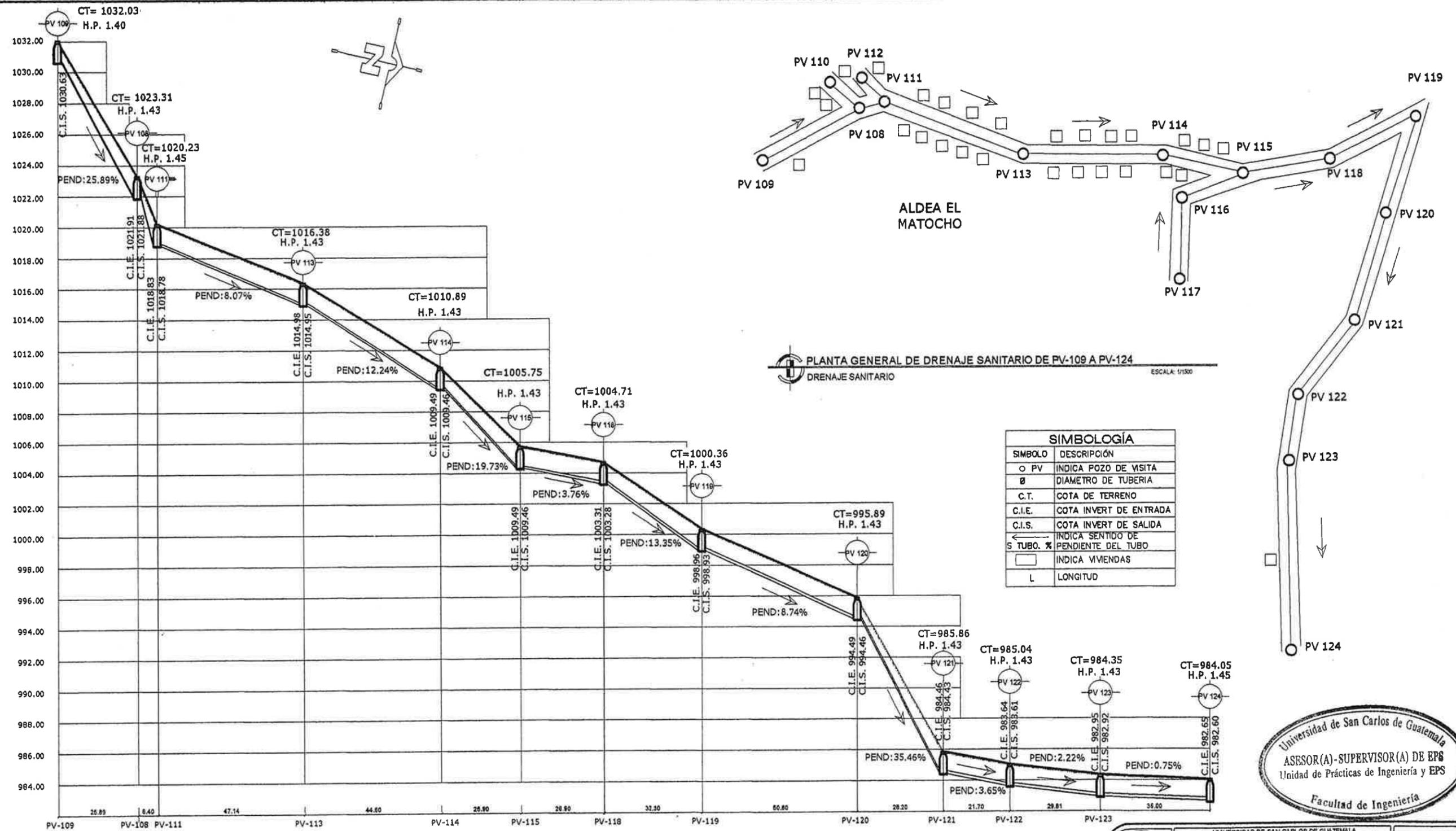
| SIMBOLOGÍA  |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| ○ PV        | INDICA POZO DE VISITA                |
| ∅           | DIAMETRO DE TUBERIA                  |
| C.T.        | COTA DE TERRENO                      |
| C.I.E.      | COTA INVERT DE ENTRADA               |
| C.I.S.      | COTA INVERT DE SALIDA                |
| ← S TUBO. % | INDICA SENTIDO DE PENDIENTE DEL TUBO |
| □           | INDICA VIENDAS                       |
| L           | LONGITUD                             |

PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-107 A PV-99  
DRENAJE SANITARIO

ESC: VER: 1/500  
HOR: 1/1200

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |  |                     |
| PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |  |                     |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V.107 A P.V.99  |  |                     |
| EFECTUO: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO   | CARNE: 2008-18917                                  | FECHA: 9 / 19       |
| VEBO:   | Ing. MANUEL ALFREDO ARRIVILLA OSORIO<br>ASESOR EPS | FECHA: ENERO / 2013 |



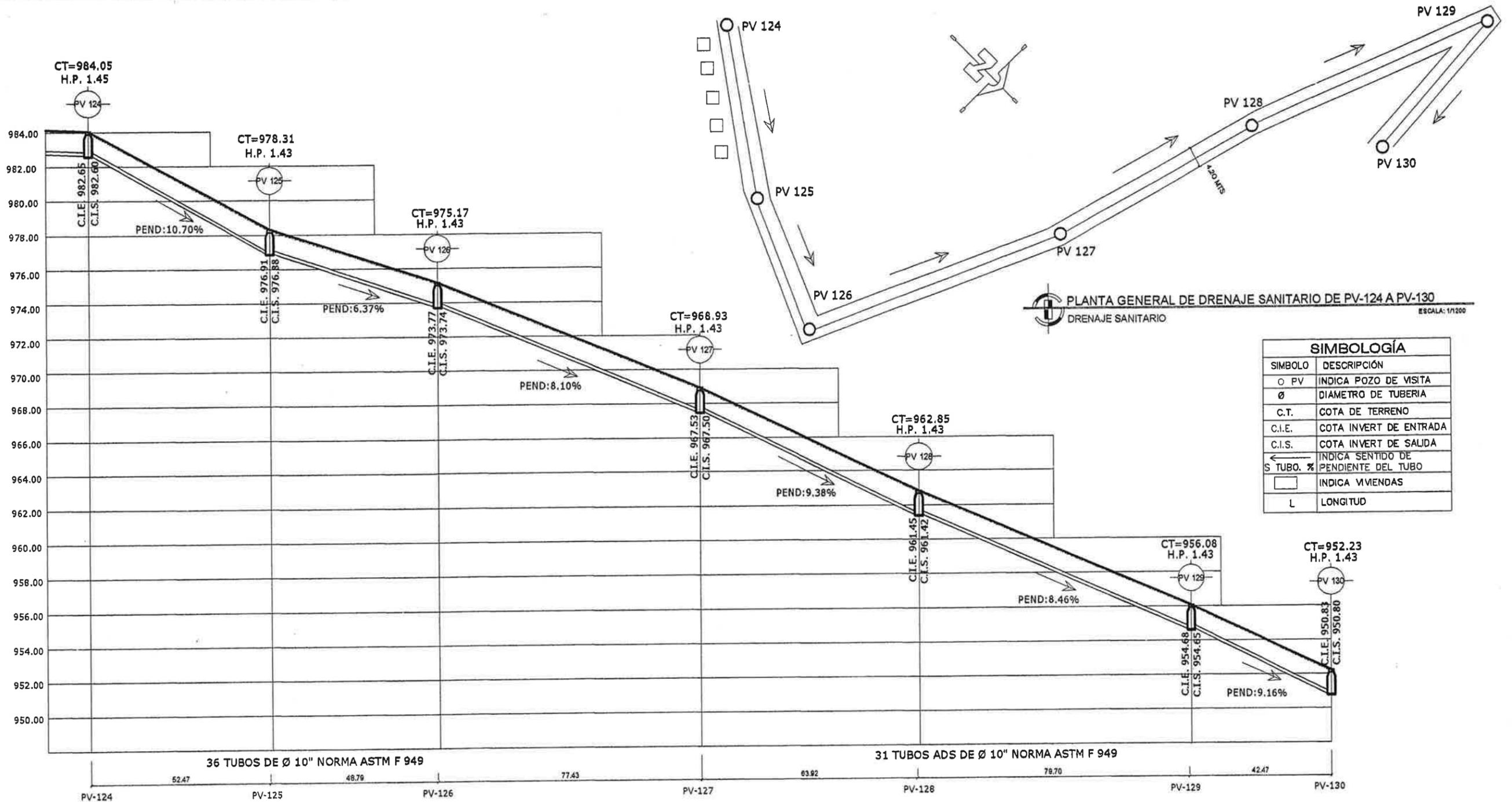
PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-109 A PV-124  
DRENAJE SANITARIO ESCALA: 1/1500

| SIMBOLOGÍA  |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| ○ PV        | INDICA POZO DE VISITA                |
| □           | DIAMETRO DE TUBERIA                  |
| C.T.        | COTA DE TERRENO                      |
| C.I.E.      | COTA INVERT DE ENTRADA               |
| C.I.S.      | COTA INVERT DE SALIDA                |
| ← S TUBO. % | INDICA SENTIDO DE PENDIENTE DEL TUBO |
| □           | INDICA VIVENDAS                      |
| L           | LONGITUD                             |

PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-109 A PV-124  
DRENAJE SANITARIO ESC: VER: 1/500 HOR: 1/1500

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|   |  |  |
|---|--|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |  |  |
| PROYECTO:   | ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO          |  |
| UBICACION:  | MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA  |  |
| CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V.109 A P.V.124                                      |  |  |
| EFECTOR:  | FECHA:                                       | HOJA:  |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO  | 2008-18917                                   | 10 / 10  |
| VR. DE:   | MANUEL ALFREDO ARVILA OCHOAETA               |  |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>EPS DE INGENIERIA CIVIL   | MANUEL ALFREDO ARVILA OCHOAETA<br>ASESOR EPS | ESCALA:<br>INDICADA<br>FECHA:<br>ENERO 12 2003 |



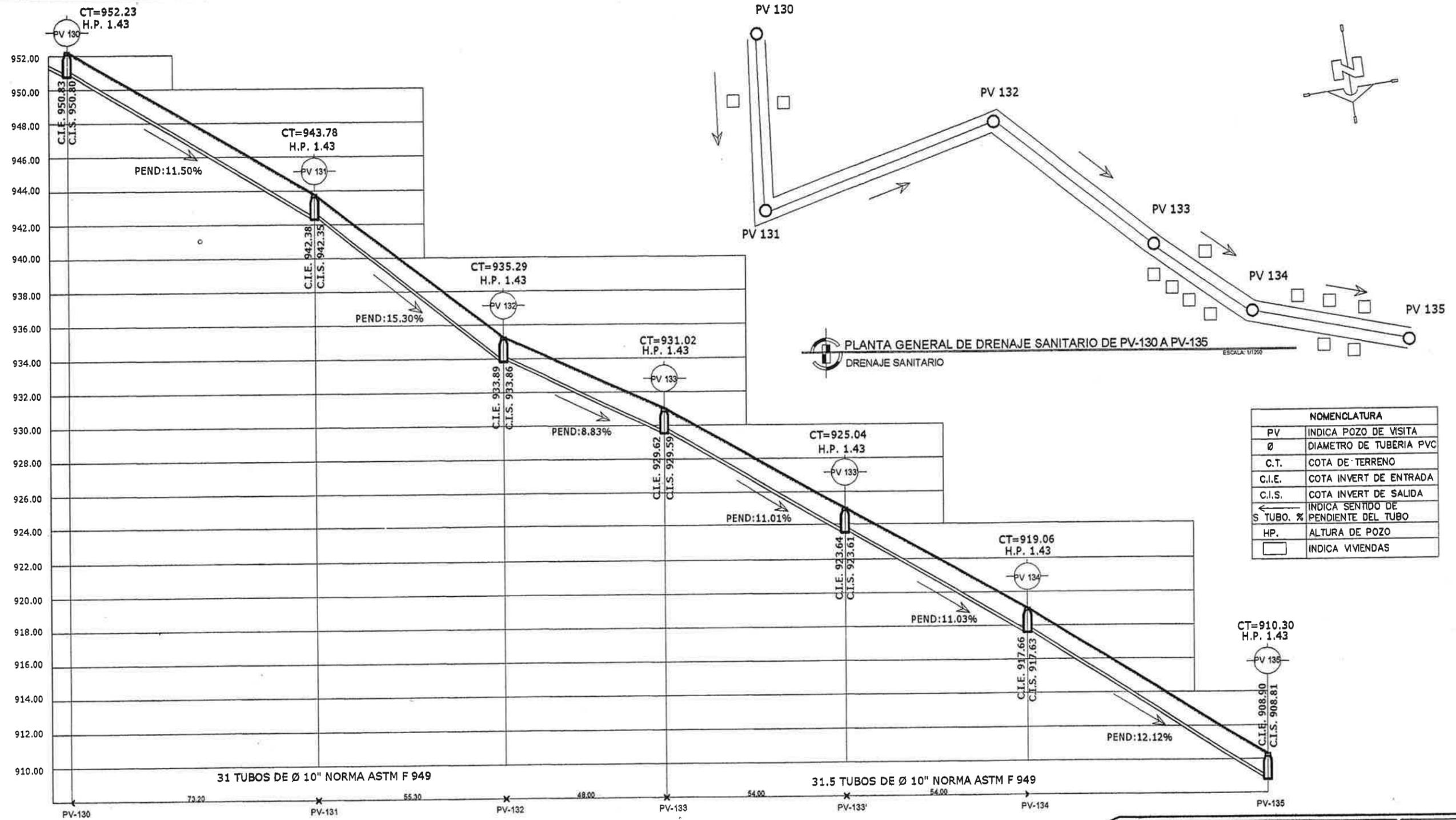
| SIMBOLOGÍA |  |
|------------|--|
| ○ PV       | INDICA POZO DE VISITA                          |
| ∅          | DIAMETRO DE TUBERIA                            |
| C.T.       | COTA DE TERRENO                                |
| C.I.E.     | COTA INVERT DE ENTRADA                         |
| C.I.S.     | COTA INVERT DE SALIDA                          |
| ←          | INDICA SENTIDO DE S TUBO. % PENDIENTE DEL TUBO |
| □          | INDICA VIVIENDAS                               |
| L          | LONGITUD                                       |

**PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-124 A PV-130**  
 DRENAJE SANITARIO

ESC: VER: 1/500  
 HOR: 1/1200

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |   |   |
|  | PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |   |   |
| CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V. 124 A P.V. 130 |   |   |   |
| EPUBSTA:<br>CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO                         | NÚMERO:<br>2098-18917   | FECHA:<br>11/19                                   | DISEÑO:<br>CARLOS IVÁN HERRERA M.<br>CALCULO:<br>CARLOS IVÁN HERRERA M.<br>DIBUJO:<br>CARLOS IVÁN HERRERA M.<br>ESCALA:<br>INDICADA<br>FECHA:<br>ENERO 2018 |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>EPS DE INGENIERIA CIVIL          |   | Ing. MARCELO ANDRÉS AMORIM DA SILVA<br>ASESOR EPS |   |

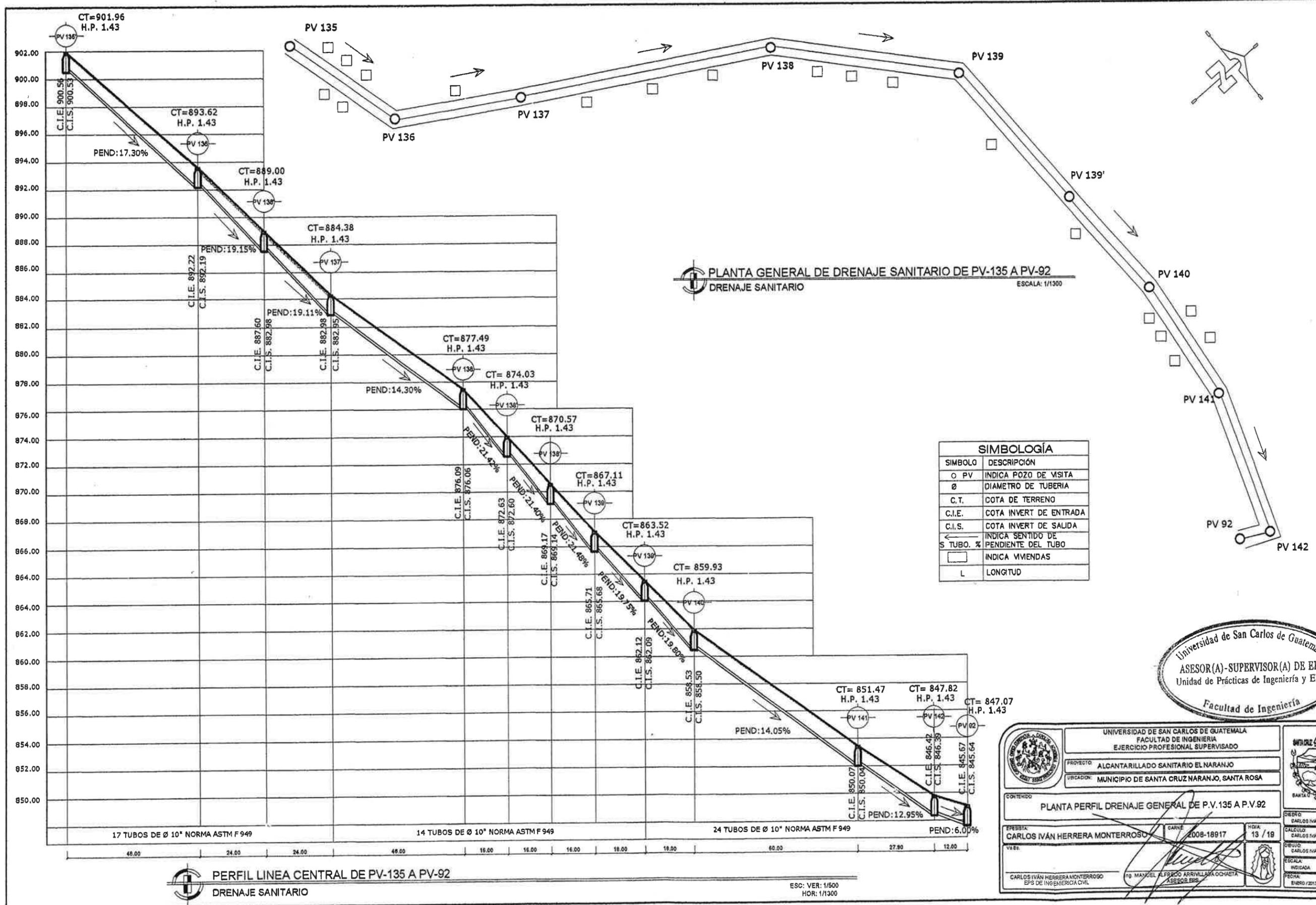


**PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-130 A PV-135**  
DRENAJE SANITARIO

ESC. VER: 1/500  
HOR: 1/1200

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|   |                   |   |
|---|-------------------|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |                   |   |
| PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |                   |   |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V. 130 A P.V. 135   |                   |   |
| EPESITA: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO   | CARNE: 2908-18917 | FECHA: 12 / 19  |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>EPS DE INGENIERIA CIVIL   |                   | ING. MARCELO ALFREDO ARRIVALLAGA JOAQUETA<br>ASESOR EPS |



PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-135 A PV-92  
DRENAJE SANITARIO ESCALA: 1/1300

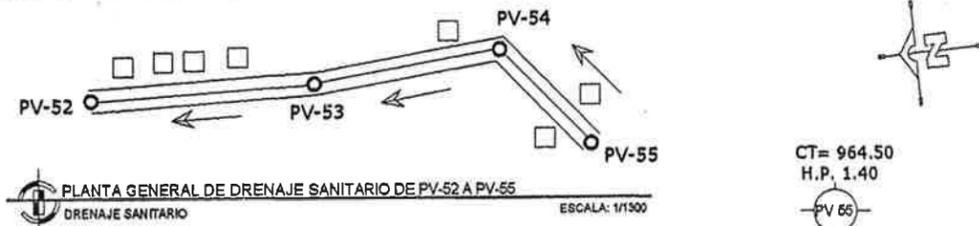
| SIMBOLOGÍA |                           |
|------------|---------------------------|
| ○ PV       | INDICA POZO DE VISITA     |
| ∅          | DIAMETRO DE TUBERIA       |
| C.T.       | COTA DE TERRENO           |
| C.I.E.     | COTA INVERT DE ENTRADA    |
| C.I.S.     | COTA INVERT DE SALIDA     |
| ←          | INDICA SENTIDO DE TUBO. % |
| □          | INDICA VIVIENDAS          |
| L          | LONGITUD                  |

PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-135 A PV-92  
DRENAJE SANITARIO

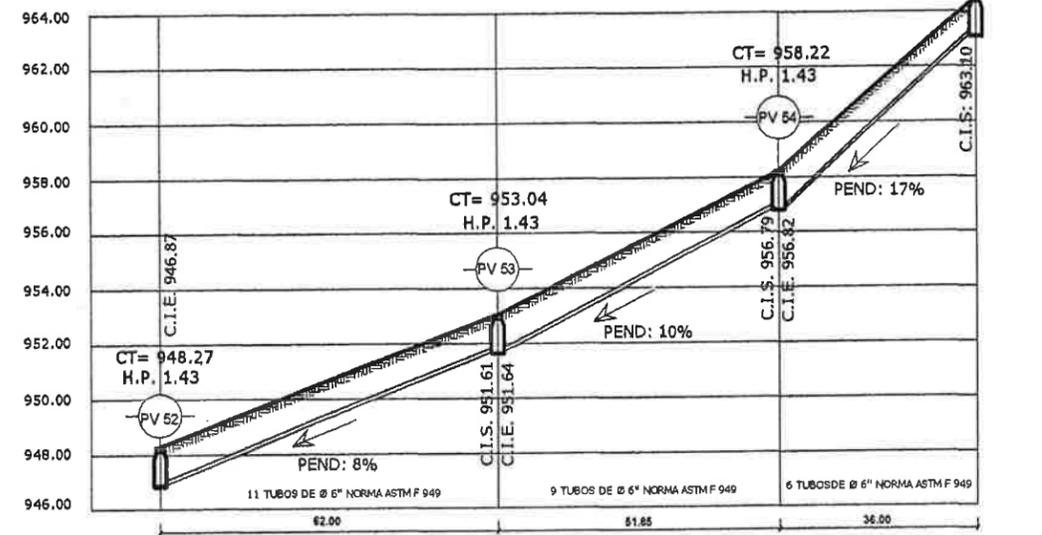
ESC: VER: 1/500  
HOR: 1/1300

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

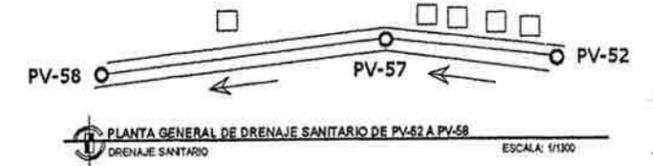
|  |   |   |       |
|--|---|---|-------|
|  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |   |       |
|  | PROYECTO:   | ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO               |       |
|  | UBICACION:  | MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA       |       |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE P.V. 135 A P.V. 92 |   |   |       |
| EFECTUO:   | CARTE:  | FECHA:  | HORA: |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO                                 | 2008-18917  | 13 / 19   |       |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>EPS DE INGENIERIA CIVIL      |   | Ing. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOA<br>ASESOR EPS |       |



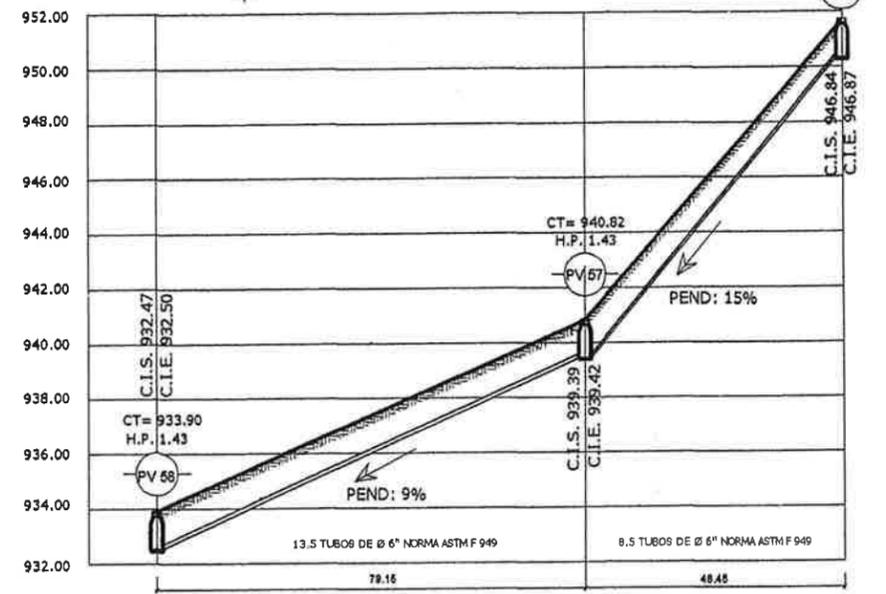
PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-52 A PV-55  
DRENAJE SANITARIO ESCALA: 1/1500



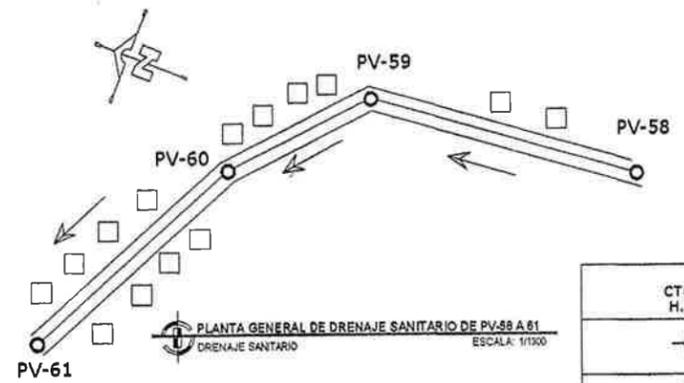
PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-52 A PV-55  
DRENAJE SANITARIO ESC: VER: 1/500 HOR: 1/1500



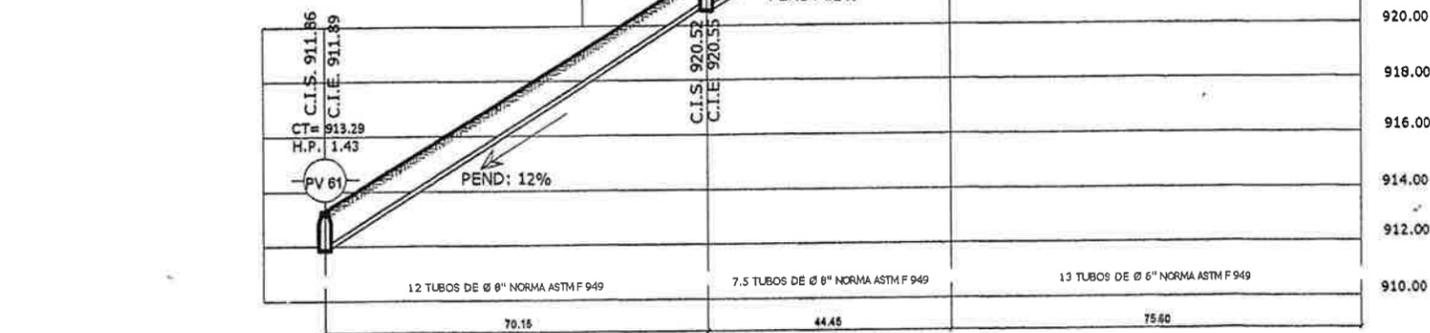
PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-52 A PV-58  
DRENAJE SANITARIO ESCALA: 1/1500



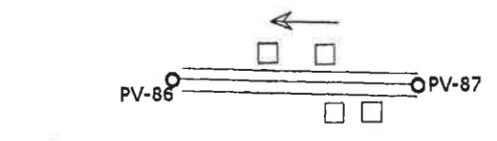
PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-52 A PV-58  
DRENAJE SANITARIO ESC: VER: 1/500 HOR: 1/1500



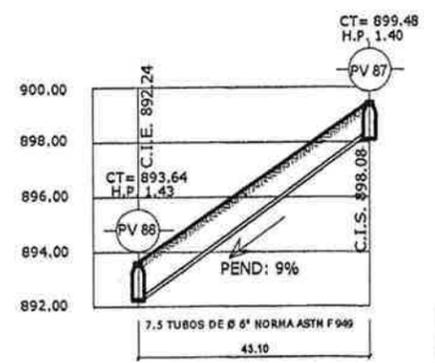
PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-58 A PV-61  
DRENAJE SANITARIO ESCALA: 1/1500



PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-58 A PV-61  
DRENAJE SANITARIO ESC: VER: 1/500 HOR: 1/1500



PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-86 A PV-87  
DRENAJE SANITARIO ESCALA: 1/1500



PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-86 A PV-87  
DRENAJE SANITARIO ESC: VER: 1/500 HOR: 1/1500

| SIMBOLOGÍA  |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| ○ PV        | INDICA POZO DE VISITA                |
| ∅           | DIAMETRO DE TUBERIA                  |
| C.T.        | COTA DE TERRENO                      |
| C.I.E.      | COTA INVERT DE ENTRADA               |
| C.I.S.      | COTA INVERT DE SALIDA                |
| ← S TUBO. % | INDICA SENTIDO DE PENDIENTE DEL TUBO |
| □           | INDICA VIVIENDAS                     |
| L           | LONGITUD                             |

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASBSOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO NARANJO  
MUNICIPIO DE SANTA ROSA MARANUJ, SANTA ROSA

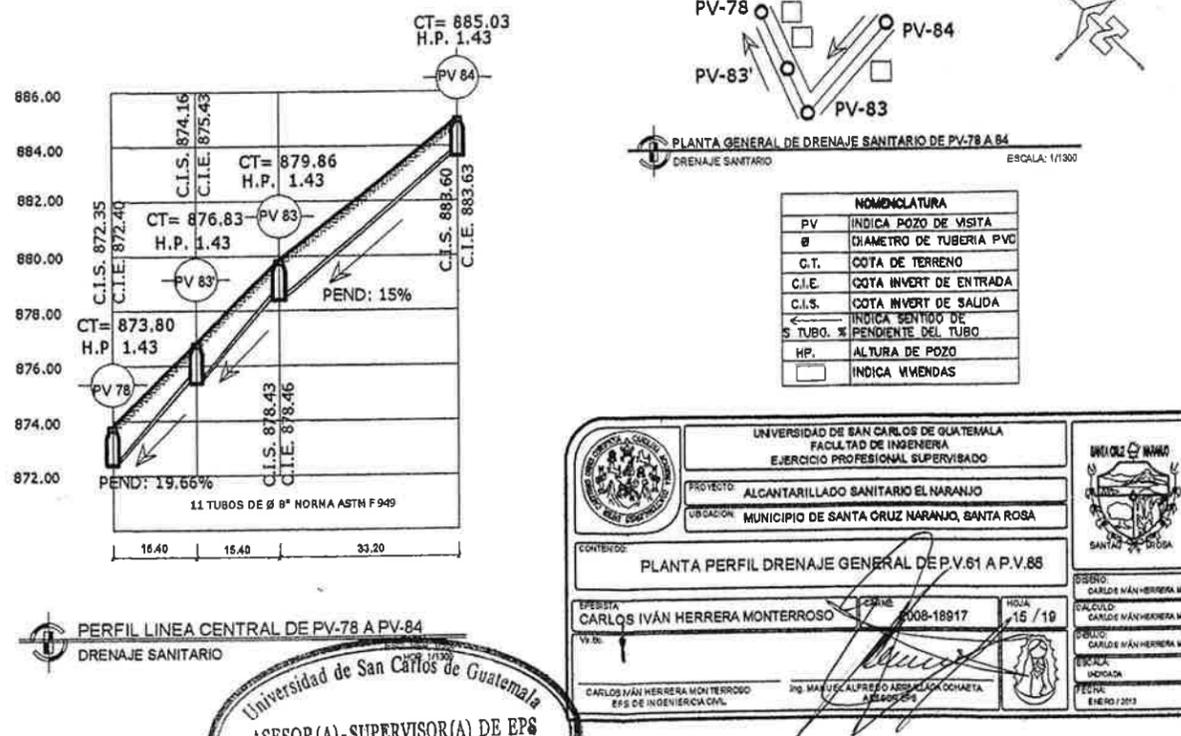
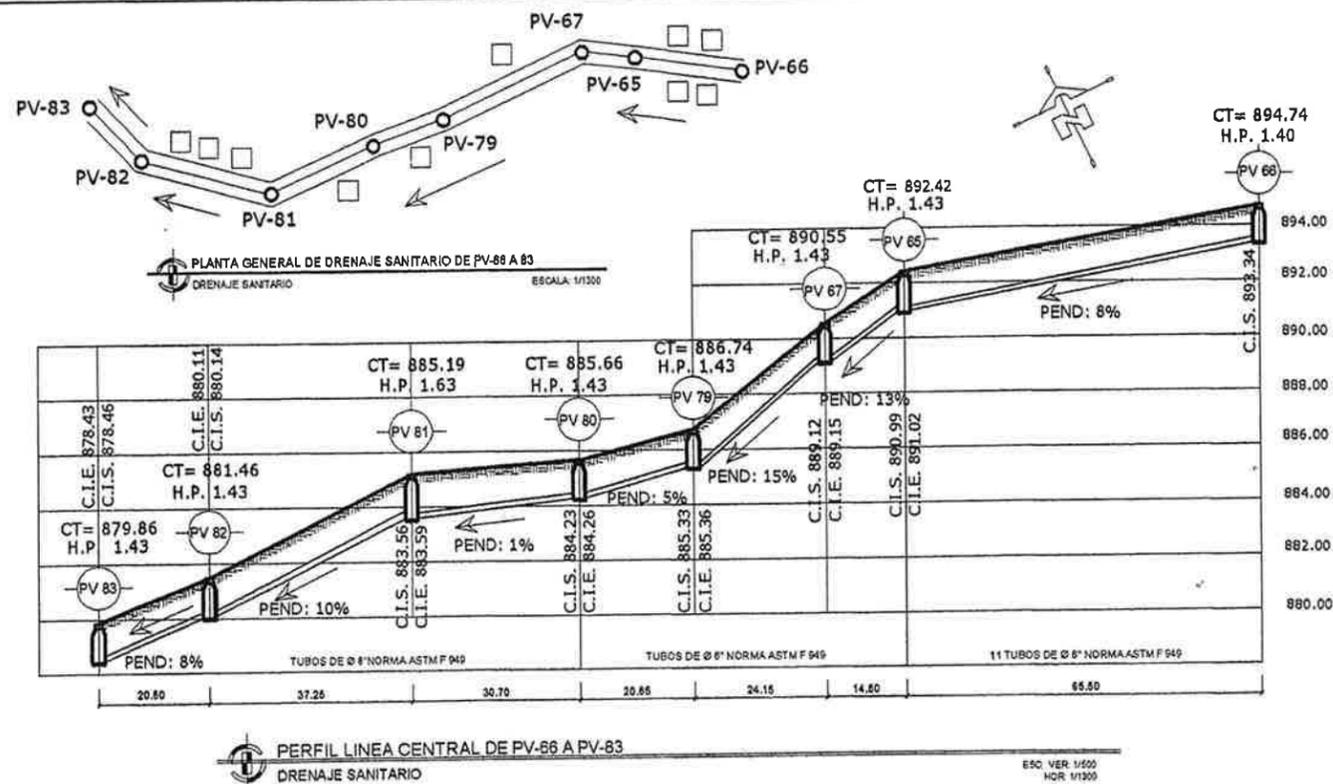
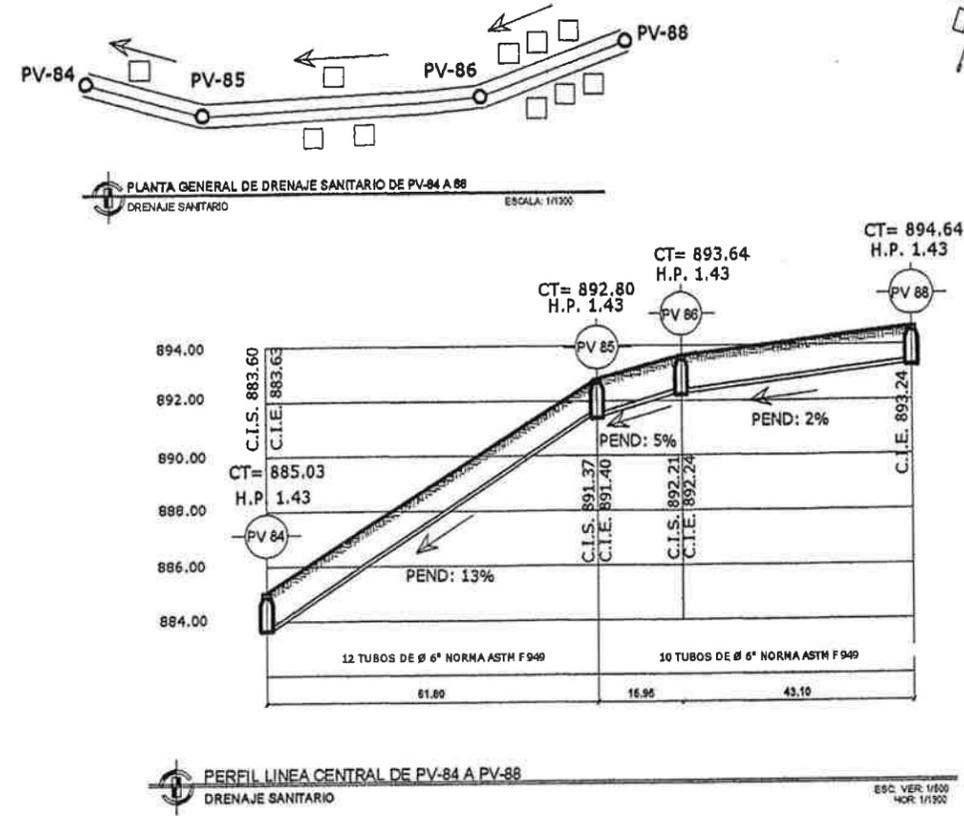
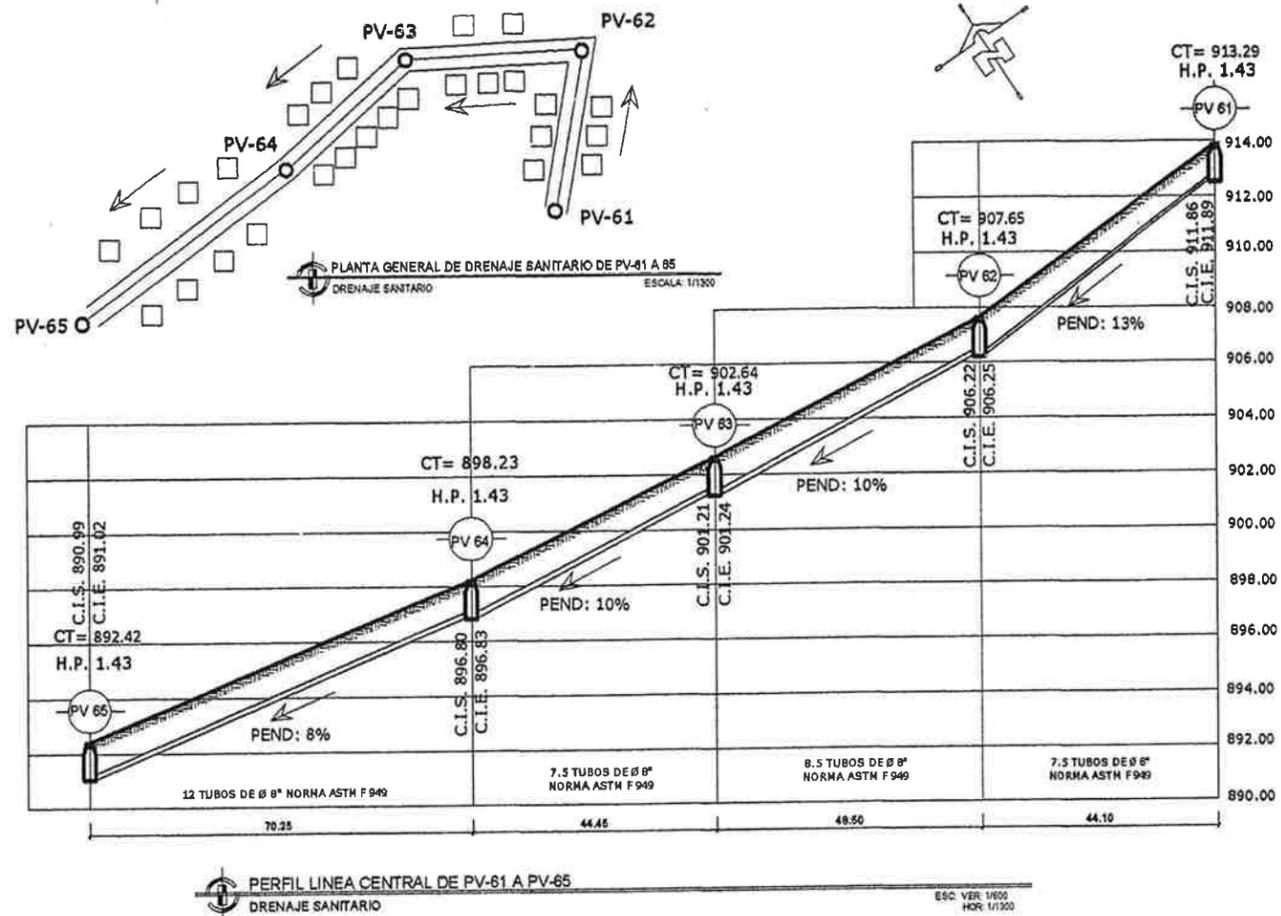
PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE PV-52 A PV-61

FECHA: 2008-10-17

PROFESOR: CARLOS WÁN HERRERA MONTERROSO

ESTUDIANTE: CARLOS WÁN HERRERA MONTERROSO

EPN DE INGENIERIA



| NOMENCLATURA |                         |
|--------------|-------------------------|
| PV           | INDICA POZO DE VISITA   |
| Ø            | DIAMETRO DE TUBERIA PVC |
| C.T.         | COTA DE TERRENO         |
| C.I.E.       | COTA INVERT DE ENTRADA  |
| C.I.S.       | COTA INVERT DE SALIDA   |
| ←            | INDICA SENTIDO DE TUBO  |
| %            | PENDIENTE DEL TUBO      |
| HP.          | ALTURA DE POZO          |
| □            | INDICA VIVIENDAS        |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

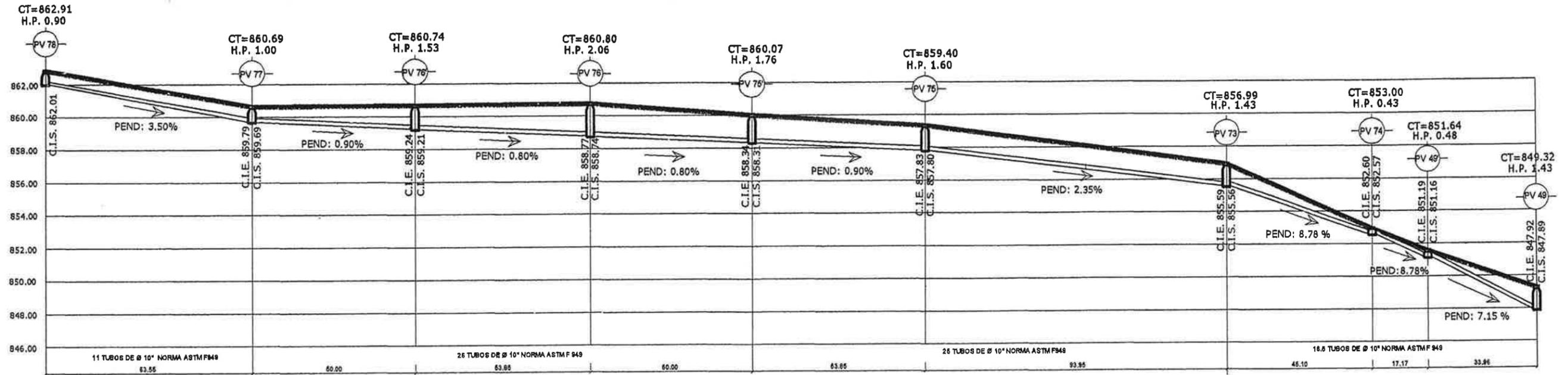
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO  
UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA

CONTENIDO: PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE PV.61 A P.V.88

ELABORADO: CARLOS IVÁN HERRERA MONTEROSO  
CORRECCION: 3008-18917  
FECHA: 15 / 19

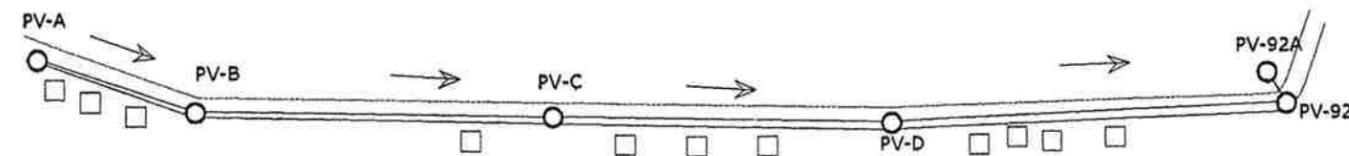
ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA



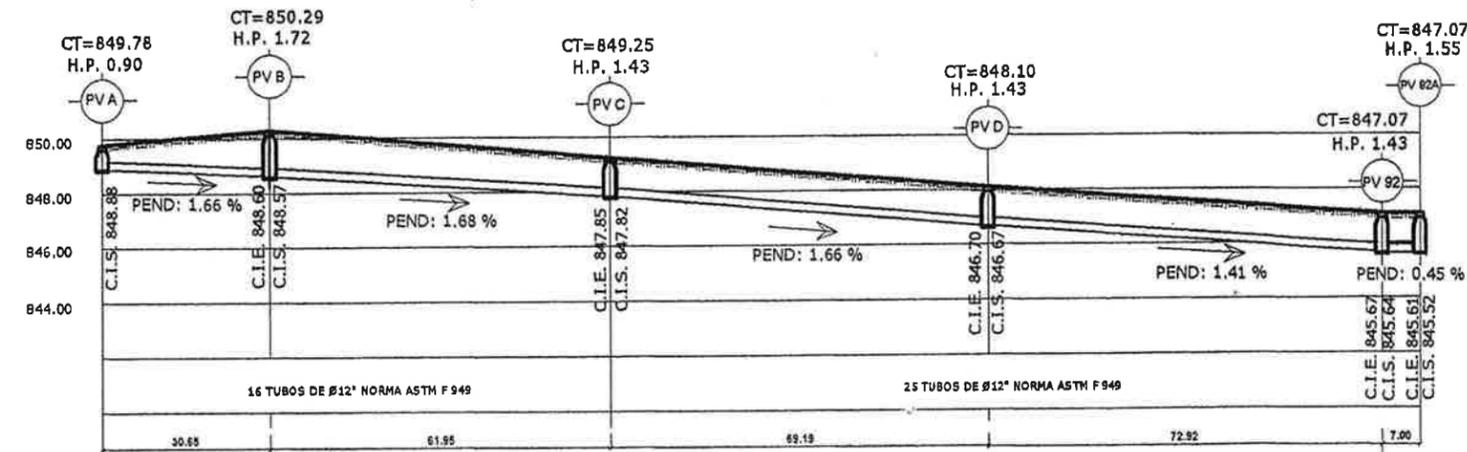
PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-78 A PV-49  
DRENAJE SANITARIO

ESC. VER: 1/500  
HOR: 1/1300



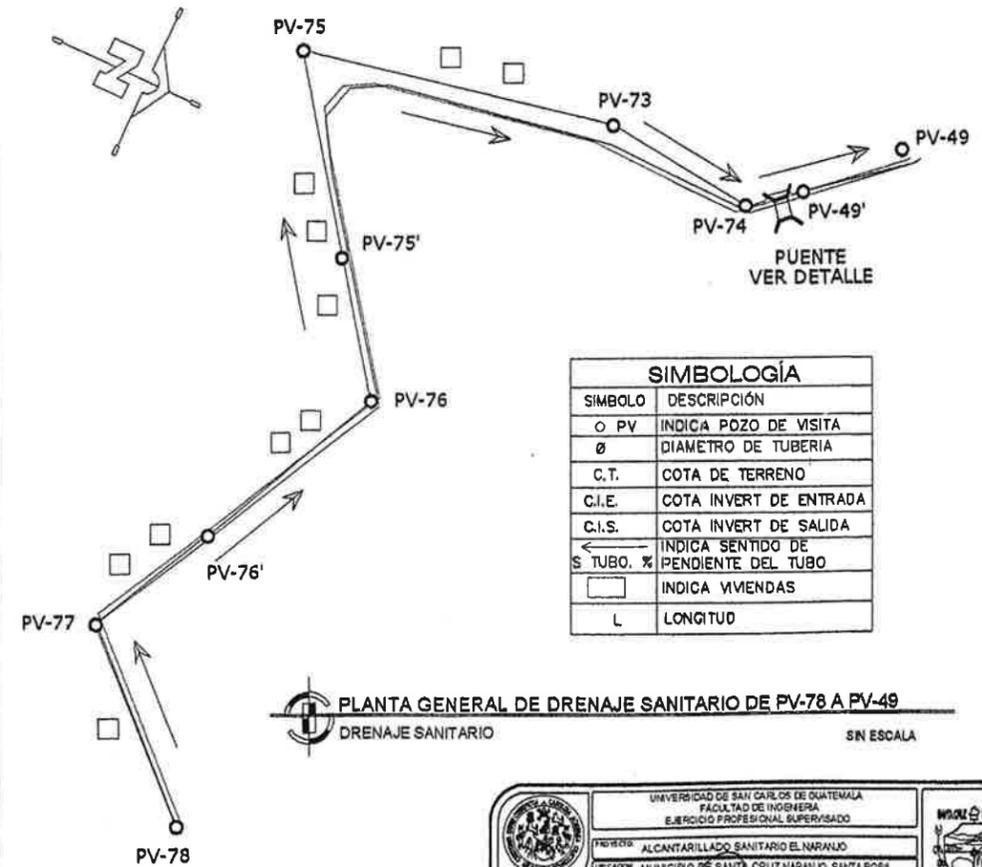
PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-A A PV-92A  
DRENAJE SANITARIO

ESCALA: 1/1200



PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-A A PV-92A  
DRENAJE SANITARIO

ESC. VER: 1/200  
HOR: 1/1200



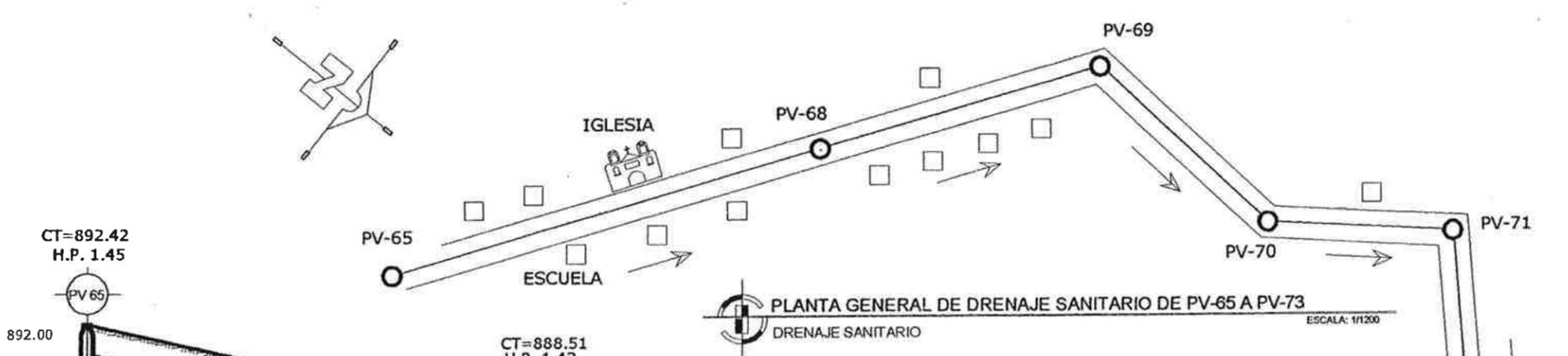
| SIMBOLOGÍA |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| SIMBOLO    | DESCRIPCIÓN                          |
| ○ PV       | INDICA POZO DE VISITA                |
| Ø          | DIAMETRO DE TUBERIA                  |
| C.T.       | COTA DE TERRENO                      |
| C.I.E.     | COTA INVERT DE ENTRADA               |
| C.I.S.     | COTA INVERT DE SALIDA                |
| →          | INDICA SENTIDO DE PENDIENTE DEL TUBO |
| □          | INDICA VIVENDAS                      |
| L          | LONGITUD                             |

PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-78 A PV-49  
DRENAJE SANITARIO

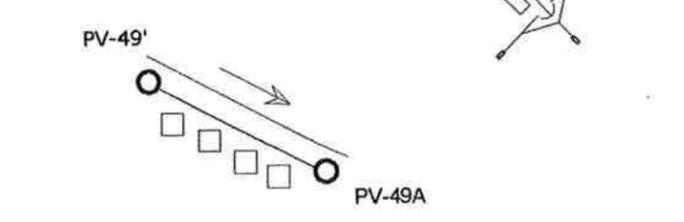
SN ESCALA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

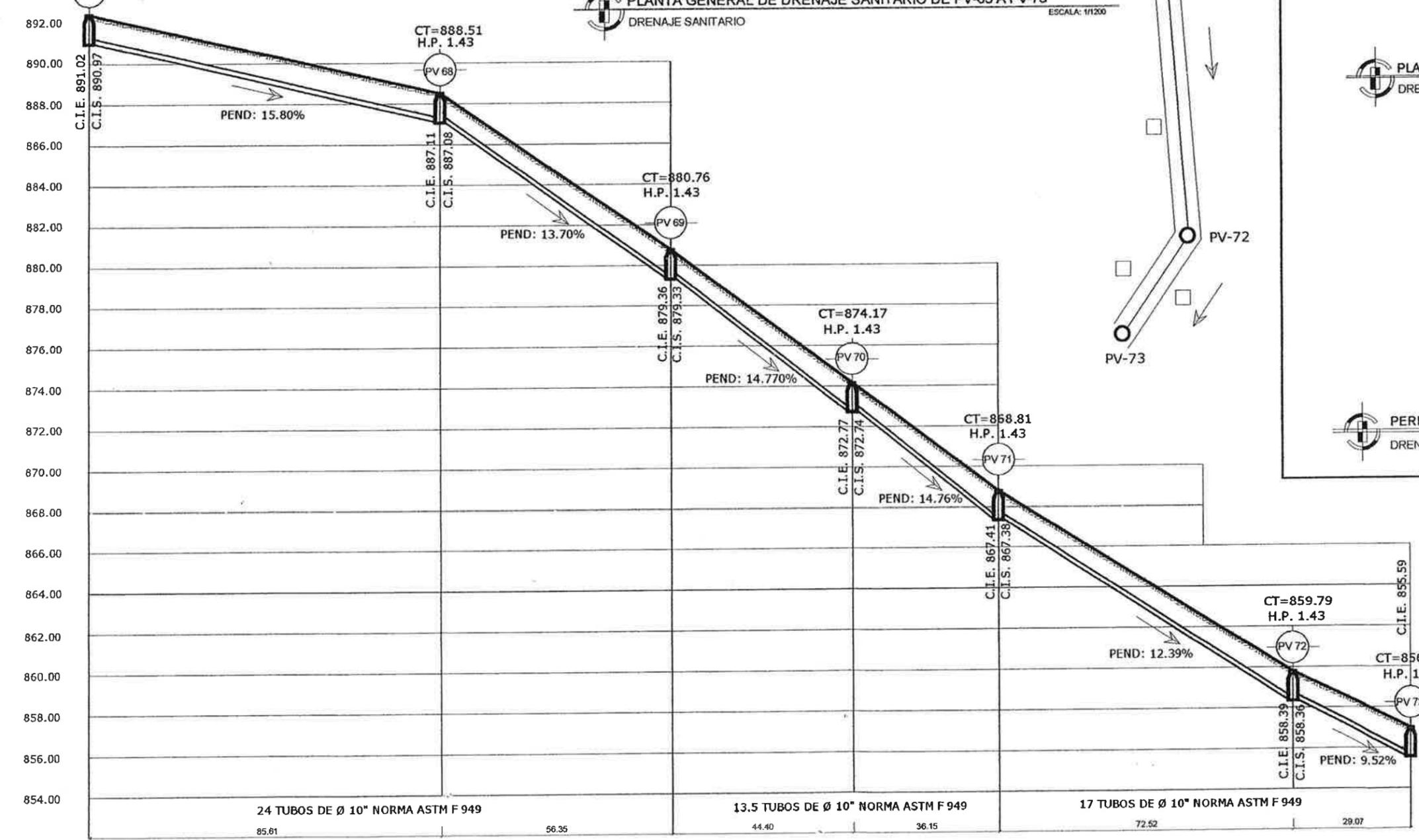
|   |                    |                 |   |                    |   |                    |   |                    |   |                    |
|---|--------------------|-----------------|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |                    |                 |   |                    |   |                    |   |                    |   |                    |
| PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA   |                    |                 |   |                    |   |                    |   |                    |   |                    |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL DRENAJE GENERAL DE PV.78 A P.V.49  |                    |                 |   |                    |   |                    |   |                    |   |                    |
| PROFESOR: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO  | BOLETA: 2008-18917 | FECHA: 18/11/19 |   |                    |   |                    |   |                    |   |                    |
| <table border="1"> <tr> <td>REVISOR: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO</td> <td>BOLETA: 2008-18917</td> </tr> <tr> <td>PROYECTISTA: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO</td> <td>BOLETA: 2008-18917</td> </tr> <tr> <td>REVISOR: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO</td> <td>BOLETA: 2008-18917</td> </tr> <tr> <td>PROYECTISTA: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO</td> <td>BOLETA: 2008-18917</td> </tr> </table> |                    |                 | REVISOR: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO | BOLETA: 2008-18917 | PROYECTISTA: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO | BOLETA: 2008-18917 | REVISOR: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO | BOLETA: 2008-18917 | PROYECTISTA: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO | BOLETA: 2008-18917 |
| REVISOR: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO   | BOLETA: 2008-18917 |                 |   |                    |   |                    |   |                    |   |                    |
| PROYECTISTA: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO   | BOLETA: 2008-18917 |                 |   |                    |   |                    |   |                    |   |                    |
| REVISOR: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO   | BOLETA: 2008-18917 |                 |   |                    |   |                    |   |                    |   |                    |
| PROYECTISTA: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO   | BOLETA: 2008-18917 |                 |   |                    |   |                    |   |                    |   |                    |



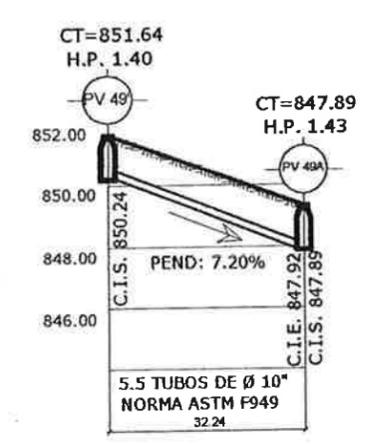
PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-65 A PV-73  
DRENAJE SANITARIO  
ESCALA: 1/1200



PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO DE PV-49' A PV-49A  
DRENAJE SANITARIO  
ESCALA: 1/1200



PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-65 A PV-73  
DRENAJE SANITARIO  
ESC: VER: 1/500  
HOR: 1/1200



PERFIL LINEA CENTRAL DE PV-49' A PV-49A  
DRENAJE SANITARIO  
ESC: VER: 1/500  
HOR: 1/1200

| NOMENCLATURA |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| PV           | INDICA POZO DE VISITA                |
| Ø            | DIAMETRO DE TUBERIA PVC              |
| C.T.         | COTA DE TERRENO                      |
| C.I.E.       | COTA INVERT DE ENTRADA               |
| C.I.S.       | COTA INVERT DE SALIDA                |
| ← S TUBO. %  | INDICA SENTIDO DE PENDIENTE DEL TUBO |
| HP.          | ALTURA DE POZO                       |
| □            | INDICA VIVIENDAS                     |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO  
UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA

CLIENTE: PLANTA PERFIL DRENAJE RAMALES DE P.V.49 A P.V.73

PROFESOR: CARLOS IVAN HERRERA MONTENEGRO  
CARRERA: 2008-18917  
FECHA: 17 / 19

ASISTENTE: CARLOS IVAN HERRERA MONTENEGRO  
CARRERA: 2008-18917  
FECHA: 17 / 19

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A): CARLOS IVAN HERRERA MONTENEGRO  
CARRERA: 2008-18917  
FECHA: 17 / 19

ASESOR(A): INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL  
M. MANUEL ALFREDO ARRIVALLAGA OCHOA  
ASESOR EPS

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

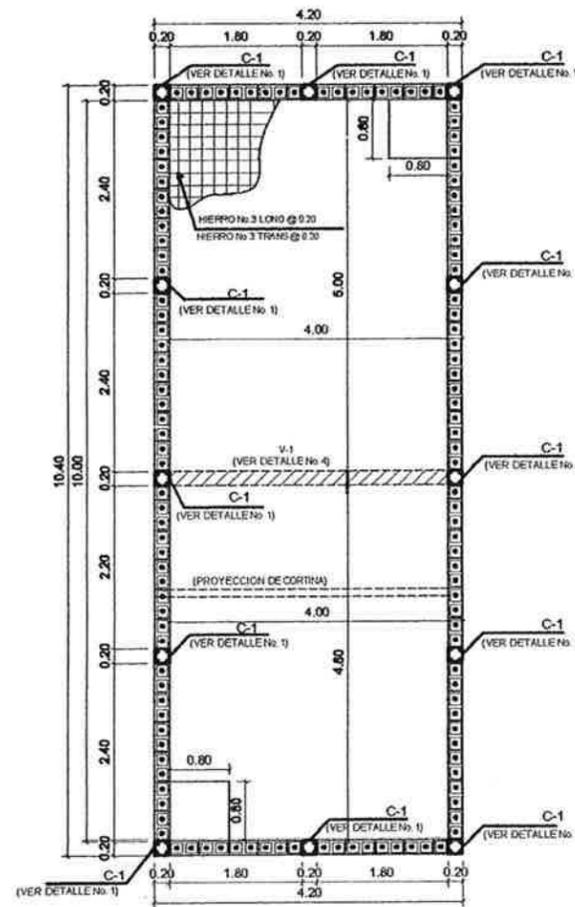
- **Concreto:** La resistencia mínima del concreto utilizado será de 210Kg/cm<sup>2</sup> el concreto será en la proporción (1:2:2) 9.8 sacos de cemento, 0.53 m<sup>3</sup> de arena de río, 0.78 m<sup>3</sup> de pedrín de 3/8", por cada m<sup>3</sup> de concreto.
- El agregado grueso deberá tener un mínimo de D=1/2" y un máximo de 1 1/2"
- El recubrimiento mínimo para la base será de 7.5cm y de 3 a 5 cm para la tapadera.
- **Acero:** El acero utilizado tendrá una resistencia de grado 40 (2810 Kg/cm<sup>2</sup>) y se deberá verificar que las varillas contengan el grado, el diámetro indicado en planos.
- **Block:** Todas las paredes de mampostería se utilizara block pomez de 0.14mx0.19mx0.39m con una resistencia a la compresion de 50Kg/cm<sup>2</sup>.
- Las barras superiores se deben empalmar en el centro de la luz libre de la viga.
- Las barras de acero inferior se deben empalmar cerca de los extremos de la viga y dentro de 1/3 de la luz libre.
- Los empalmes en columnas se deben realizar dentro del 1/3 central de la luz libre de la columna.
- Se debe realizar los empalmes en forma escalonada, en diferente altura dentro del tercio central de la luz libre de la columna.

**Ganchos de estribos:**

- El gancho de un estribo cerrado de confinamiento, tendrá una longitud no menor de 7.5cm y se proyecta hacia el interior del estribo.
- Se debe de colocar el doblar de los estribos en forma alterna, en diferente barra longitudinal.

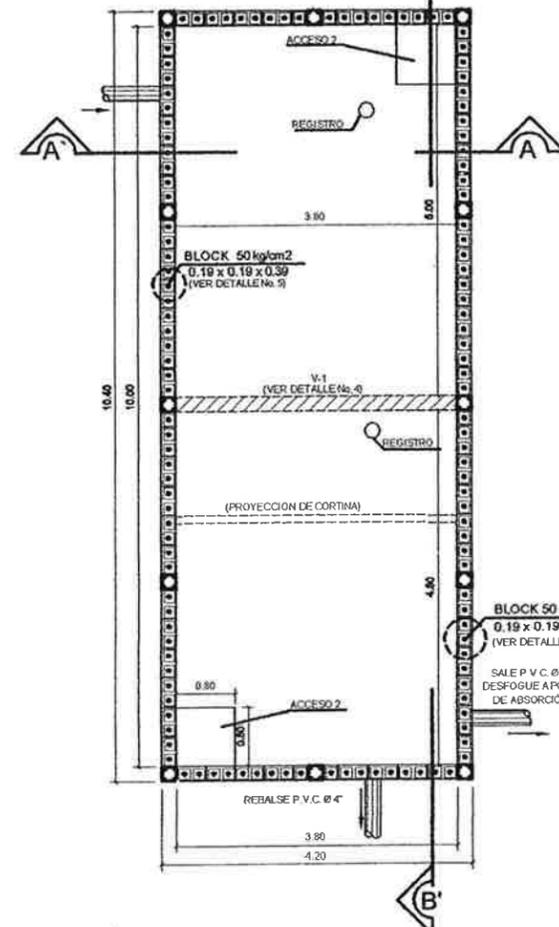
**NOTAS:**

Las tapaderas y brocales deberán curarse según las especificaciones del ACI 318, antes de su colocación.



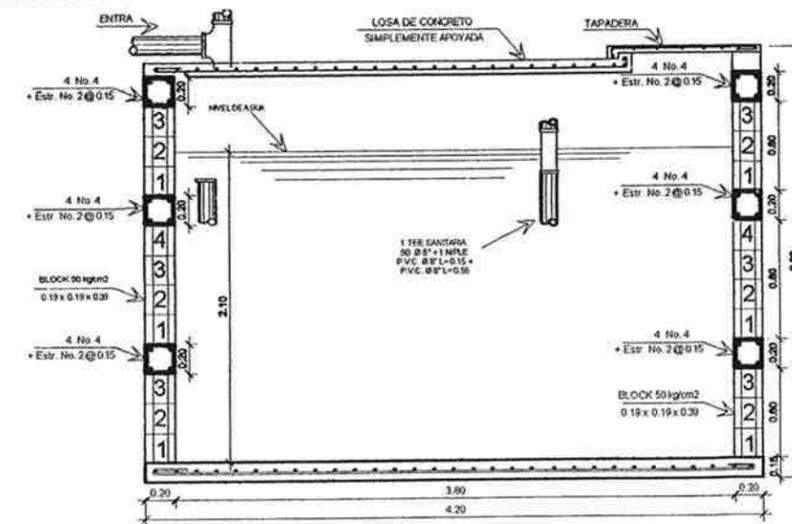
**PLANTA FOSA SÉPTICA**

FOSA SÉPTICA CON CAPACIDAD DE 80M<sup>3</sup> SIN ESCALA



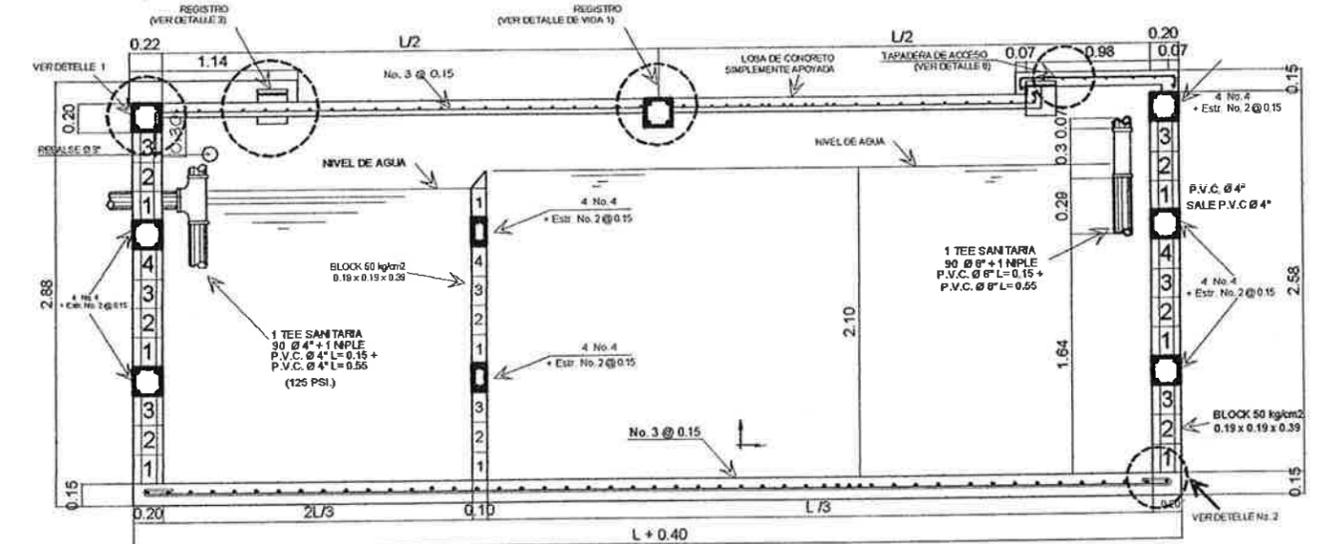
**DETALLE DE FOSA SÉPTICA**

FOSA SÉPTICA CON CAPACIDAD DE 80M<sup>3</sup> SIN ESCALA



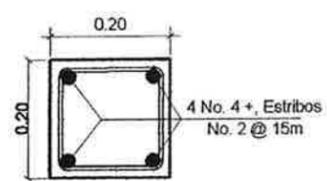
**CORTE A-A'**

FOSA SÉPTICA CON CAPACIDAD DE 80M<sup>3</sup> SIN ESCALA



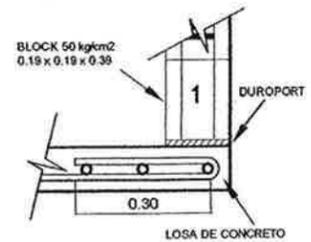
**CORTE B-B'**

FOSA SÉPTICA CON CAPACIDAD DE 80M<sup>3</sup> SIN ESCALA



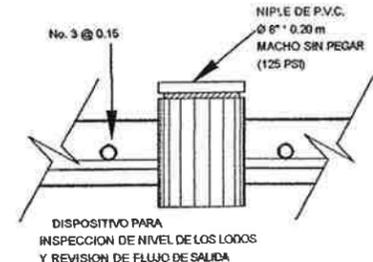
**DETALLE DE COLUMNA C-1**

DETALLE No. 1 SIN ESCALA



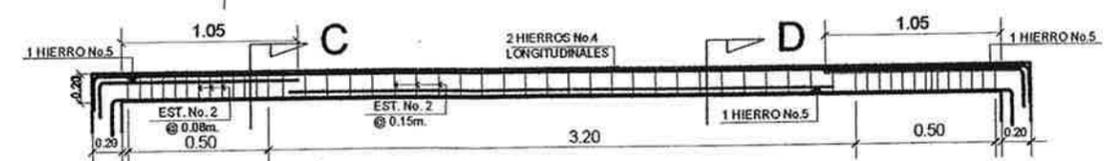
**DETALLE 2**

DETALLE No. 2 SIN ESCALA



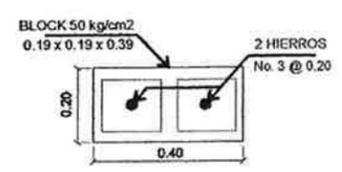
**DETALLE DE REGISTRO**

DETALLE No. 3 SIN ESCALA



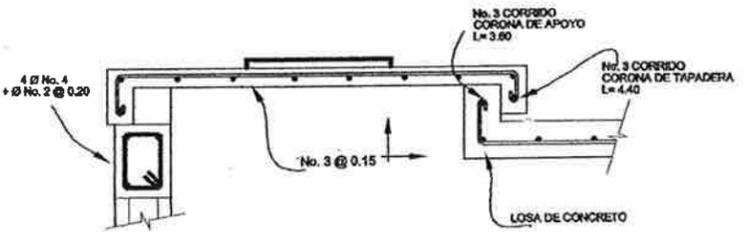
**DETALLE DE VIGA V-1**

DETALLE No. 4 SIN ESCALA



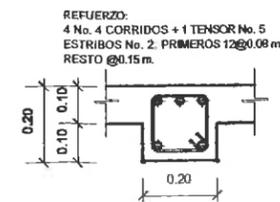
**DETALLE DE BLOCK**

DETALLE No. 5 SIN ESCALA



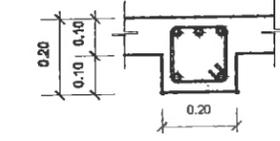
**DETALLE DE TAPADERA**

DETALLE No. 6 SIN ESCALA



**CORTE C**

DETALLE DE VIGA SIN ESCALA

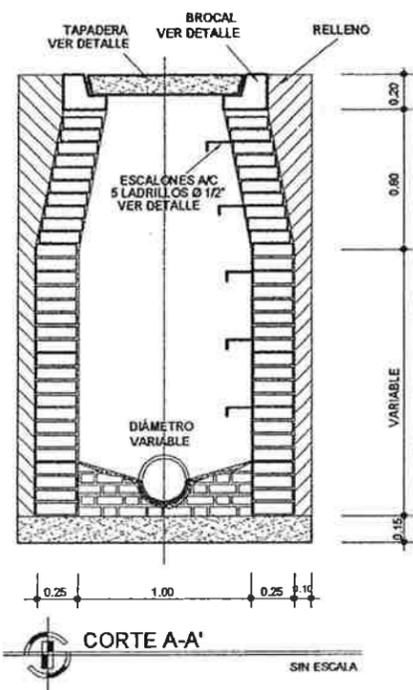


**CORTE D**

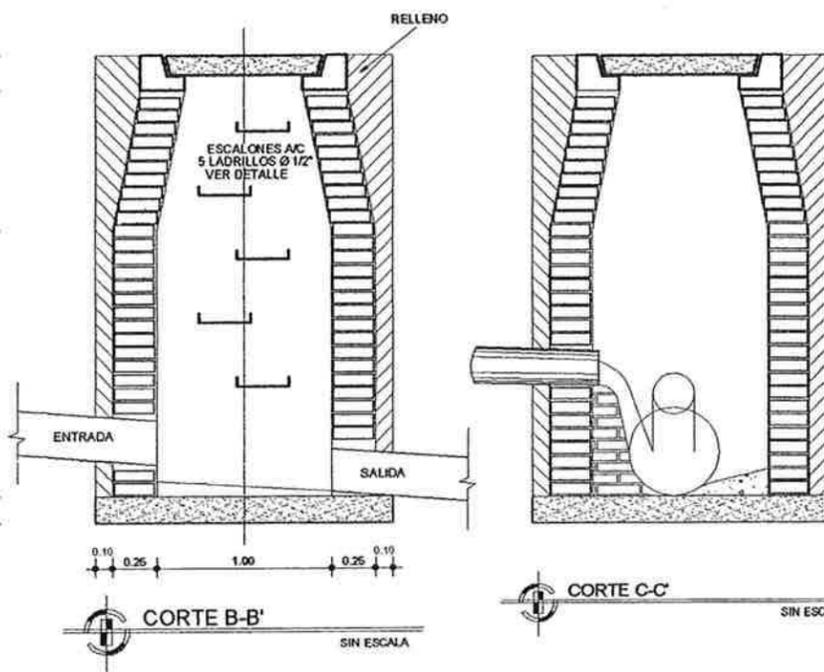
DETALLE DE VIGA SIN ESCALA

|  |                                  |   |                  |
|--|----------------------------------|---|------------------|
|  |                                  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |                  |
| PROYECTO:<br>ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO |                                  | MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA   |                  |
| PLANTA Y SECCIONES DE FOSA SÉPTICA               |                                  |   |                  |
| DISEÑO:<br>CARLOS NARANJERO M.                   | REVISIÓN:<br>CARLOS NARANJERO M. | FECHA:<br>2008-18917  | HOJA:<br>18 / 19 |
| CARLOS NARANJERO M.                              |                                  | SUPERVISOR(A) DE EPS  |                  |
| CARLOS NARANJERO M.                              |                                  | INGENIERIA Y EPS  |                  |

**POZO DE VISITA TÍPICO**

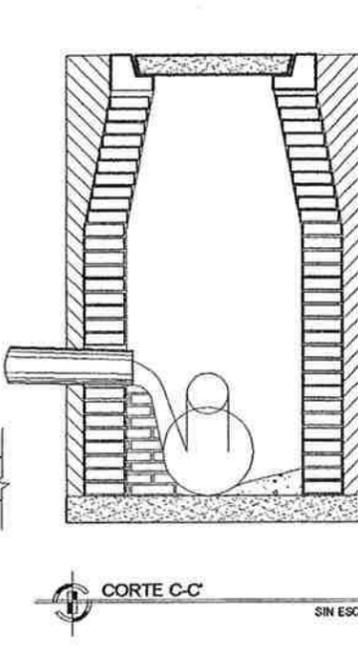


**CORTE A-A'**  
SIN ESCALA

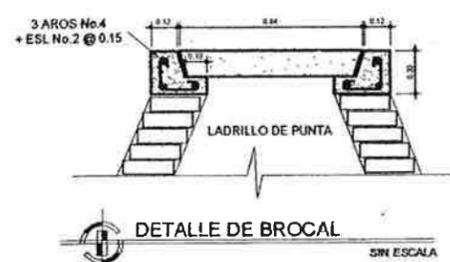


**CORTE B-B'**  
SIN ESCALA

**POZO DE VISITA DE 2 ENTRADAS**



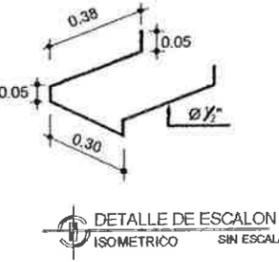
**CORTE C-C'**  
SIN ESCALA



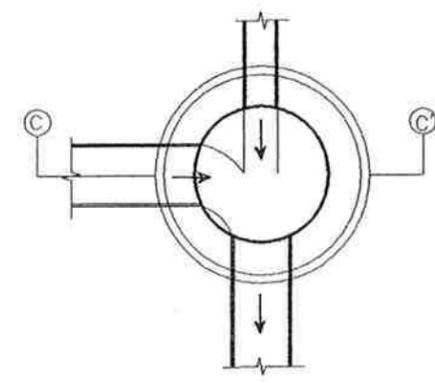
**DETALLE DE BROCAL**  
SIN ESCALA



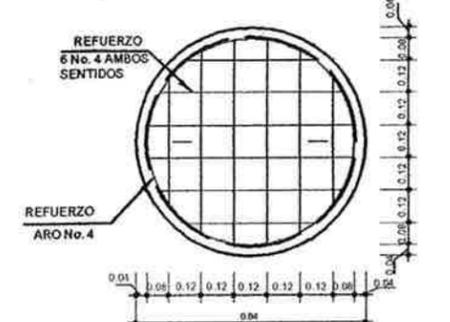
**DETALLE DE ESCALON ELEVACION**  
SIN ESCALA



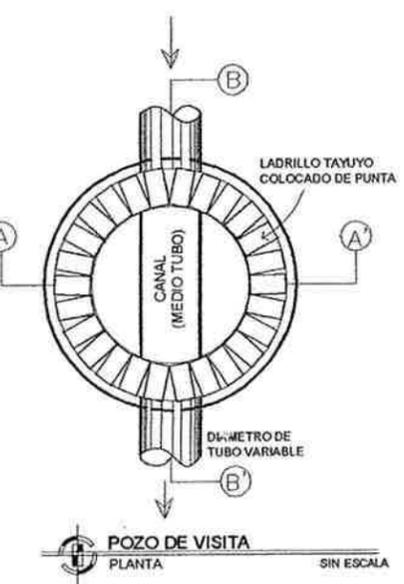
**DETALLE DE ESCALON ISOMETRICO**  
SIN ESCALA



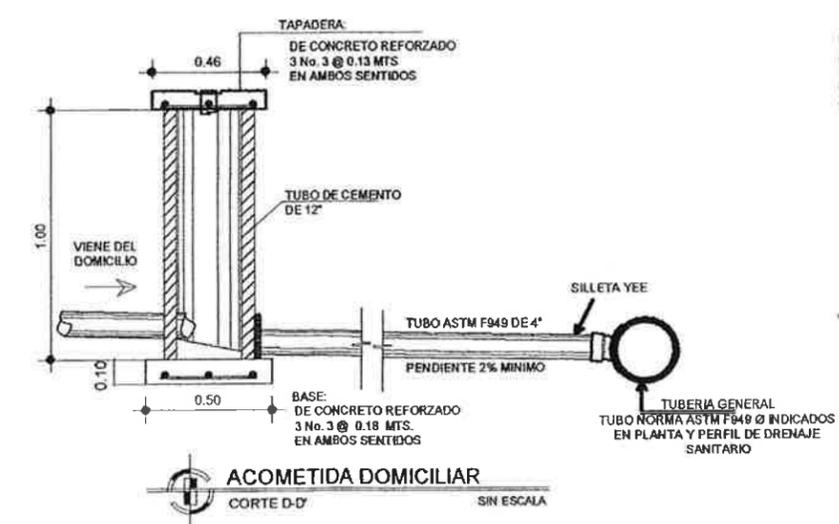
**POZO DE VISITA 2 ENTRADAS**  
SIN ESCALA



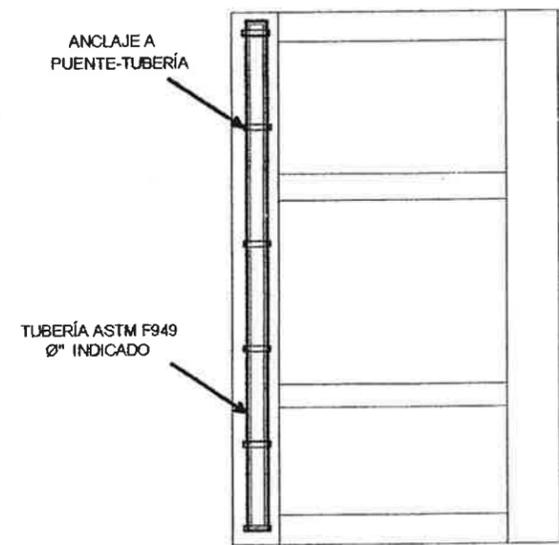
**TAPADERA DE POZO PLANTA Y SECCIÓN**  
SIN ESCALA



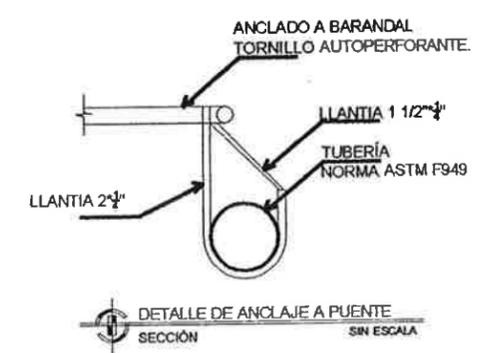
**POZO DE VISITA PLANTA**  
SIN ESCALA



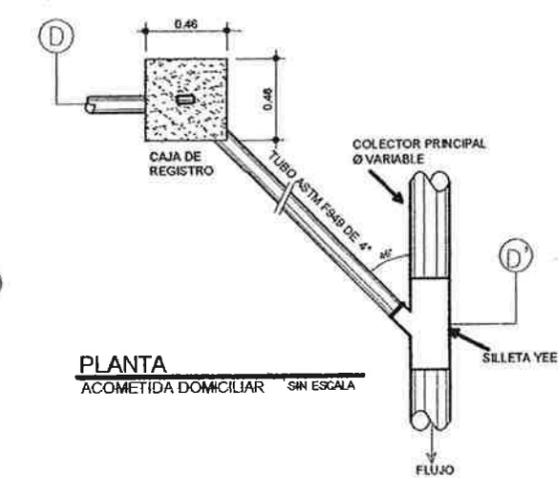
**ACOMETIDA DOMICILIAR CORTE D-D'**  
SIN ESCALA



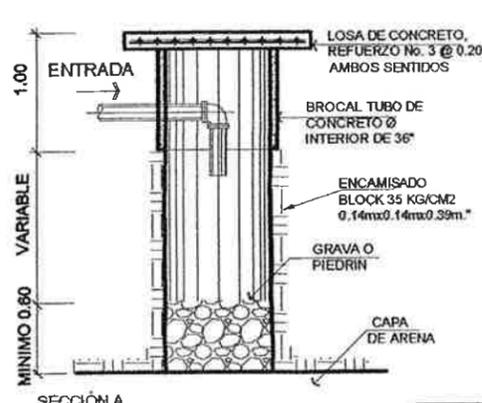
**DETALLE DE ANCLAJE A PUENTE DE TUBERÍA**  
SIN ESCALA



**DETALLE DE ANCLAJE A PUENTE SECCIÓN**  
SIN ESCALA



**PLANTA ACOMETIDA DOMICILIAR**  
SIN ESCALA



**SECCIÓN POZO DE ABSORCIÓN**  
SIN ESCALA



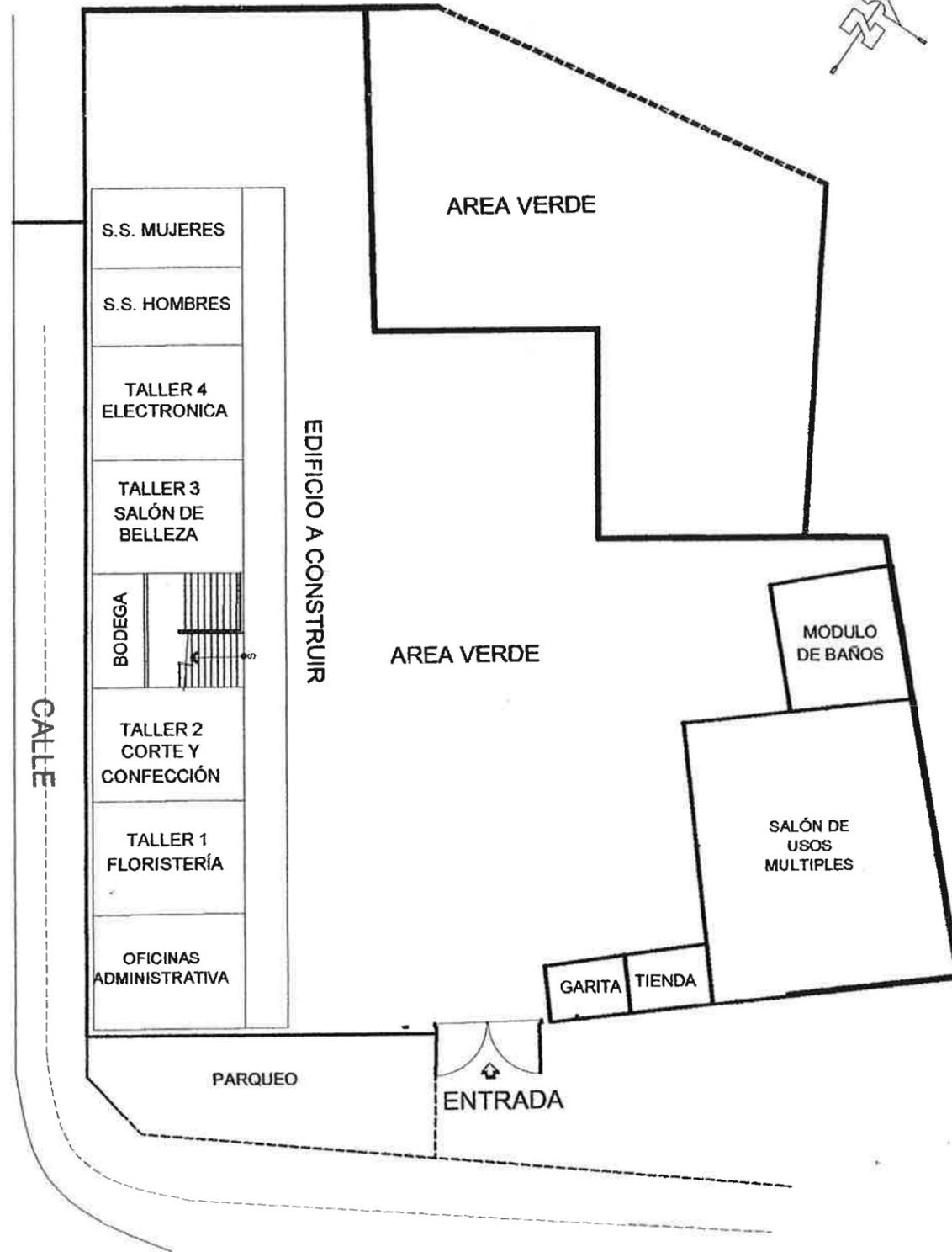
**PLANTA DE POZO DE ABSORCIÓN**  
SIN ESCALA

- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**
- CONCRETO:**
- El concreto debe tener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> (3000 psi).
  - El agregado grueso deberá tener un mínimo de D=1/2" y un máximo de 1 1/2".
  - El recubrimiento mínimo para la base será de 7.5cm y de 3 a 5 cm para la tapadera.
- ACERO:**
- El acero debe tener un fy=2810kg/cm<sup>2</sup>.
- AGUA:**
- Relación agua/cemento máxima permisible 29.3 lit/saco cemento
- MAMPOSTERÍA:**
- El ladrillo a usar en pozos de visita sera de barro cocido tipo tayuyo de 6.5 x 11x 23 cm
  - La mampostería será conforme a la norma ASTM C-62
  - El ladrillo tayuyo tendrá una resistencia a la compresión mínima de 84 kg/cm<sup>2</sup>.
- MORTERO:**
- El agua a utilizar debe ser limpia y libre de cualquier sustancia dañina.
  - El cemento a utilizar debe ser Portland tipo 1, ASTM C-150.
  - Se utilizará arena de río seca, ASTM C-144C.
- TUBERÍA:**
- Toda la tubería deberá cumplir con la norma ASTM F949.
  - No debe utilizarse tubería de diámetro menor a lo especificado en planos.
  - Toda la tubería se colocara alineada y con la pendiente especificada en planos.
- CANDELA:**
- La caja de registro debe ser un tubo de concreto de diámetro de 12" con su respectiva base y tapadera.
  - La profundidad mínima debe ser de 0.90m.
  - La tubería para conexiones domiciliars debe ser tubería ADS de diámetro 4" para alcantarillado sanitario segun norma ASTM F 949.
- NOTAS:**
- Las tapaderas y brocales deberán curarse según las especificaciones del ACI 318, antes de su colocación.
  - Los pozos deberán identificarse de acuerdo al plano de red general.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
**ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS**  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|   |   |   |
|---|---|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO                 |   |   |
| PROYECTO: <b>ALCANTARILLADO SANITARIO EL NARANJO</b><br>UBICACION: <b>MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA</b> |   |   |
| CONTENIDO: <b>DETALLES DE POZOS DE VISITA Y POZO DE ABSORCIÓN</b>   |   |   |
| PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b>   | CARTE: <b>2008-18917</b>                      | FECHA: <b>19 / 19</b>                         |
| PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b>   | PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b> | PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b> |
| PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b>   | PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b> | PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b> |
| PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b>   | PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b> | PROFESOR: <b>CARLOS MANRIQUETA MONTERROSO</b> |

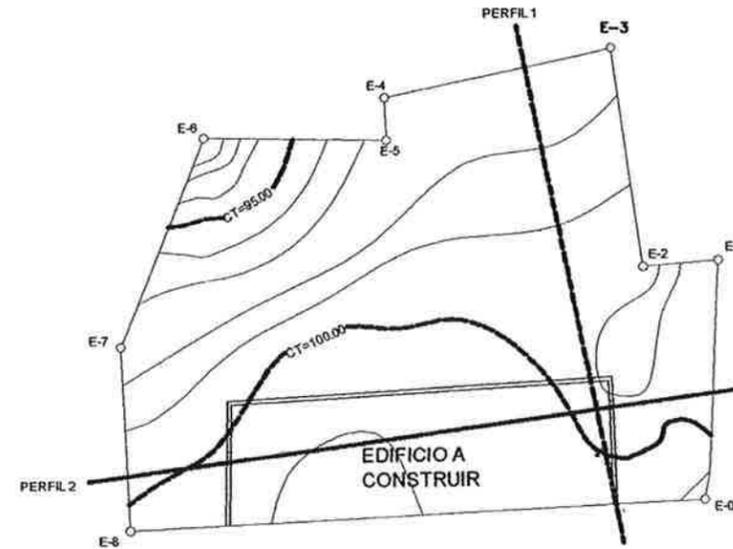
CAMPO DEPORTIVO  
EXISTENTE



PLANTA DE CONJUNTO  
CENTRO DE CAPACITACIÓN

SIN ESCALA

PERFIL 1  
PERFIL 2

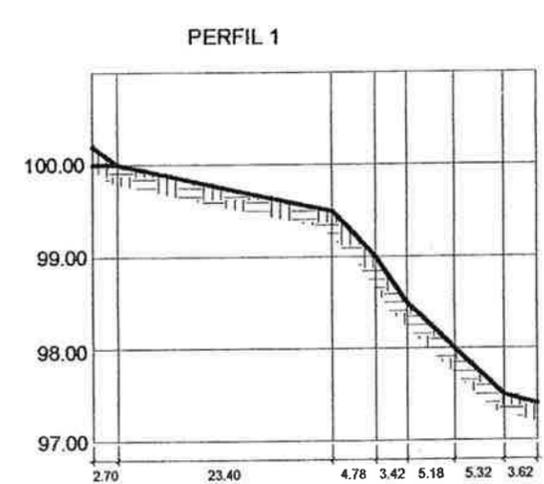


CURVAS DE NIVEL  
CENTRO DE CAPACITACIÓN

ESC 1:200

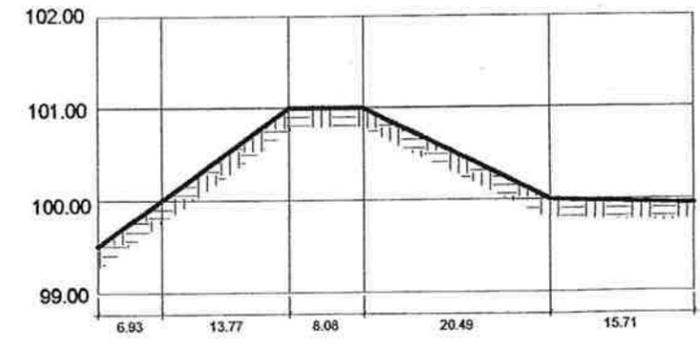
| DE | A | AZIMUTS    | DISTANCIA |
|----|---|------------|-----------|
| 0  | 1 | 91°20'16"  | 23.556    |
| 1  | 2 | 12°23'6"   | 8.209     |
| 2  | 3 | 81°39'25"  | 23.880    |
| 3  | 4 | 345°35'10" | 25.152    |
| 4  | 5 | 250°56'49" | 6.276     |
| 5  | 6 | 358°29'55" | 23.741    |
| 6  | 7 | 292°9'21"  | 20.608    |
| 7  | 8 | 267°13'1"  | 20.000    |
| 8  | 9 | 177°19'53" | 17.298    |
| 9  | 0 | 177°22'15" | 46.548    |

AREA = 2510.450 mts<sup>2</sup> 3592.830 vrs<sup>2</sup>



PERFIL 1  
CENTRO DE CAPACITACIÓN

ESC VERTICAL 1:1000  
HORIZONTAL 1:200



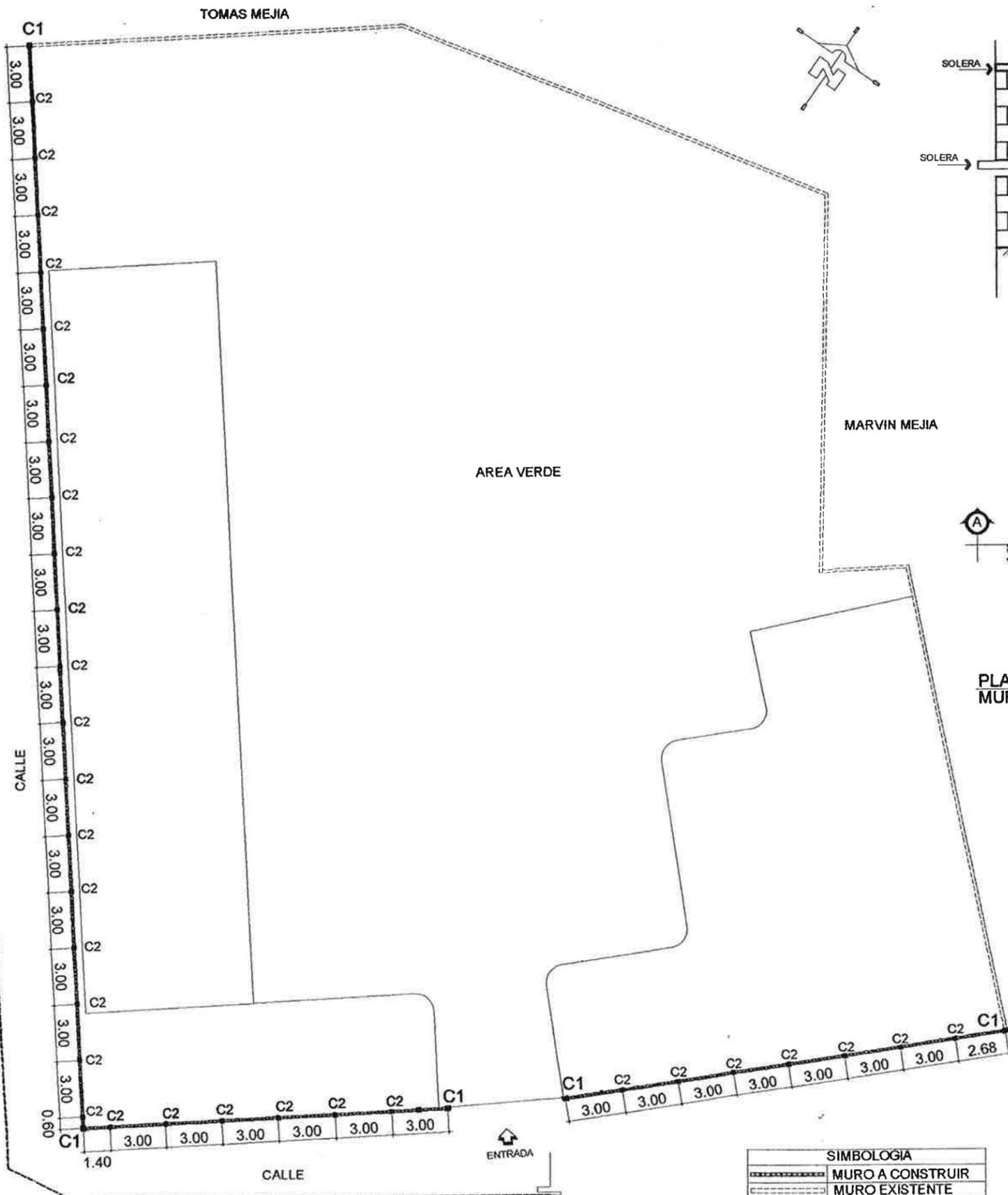
PERFIL 2  
CENTRO DE CAPACITACIÓN

ESC VERTICAL 1:1000  
HORIZONTAL 1:200

|   |   |        |
|---|---|--------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |   |        |
| PROYECTO  | CENTRO DE CAPACITACIÓN                      |        |
| UBICACIÓN   | MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |        |
| CONTENIDO   |   |        |
| PLANTA GENERAL + CURVAS DE NIVEL  |   |        |
| INGENIERIA  | CARLOS IVÁN HERRERA MONTEROSO               | FECHA  |
| CADRE   | 2008-18917                                  | HOJA   |
|   |   | 1 / 15 |
| Ing. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OGHETA<br>ASESOR(EPS)   |   |        |

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

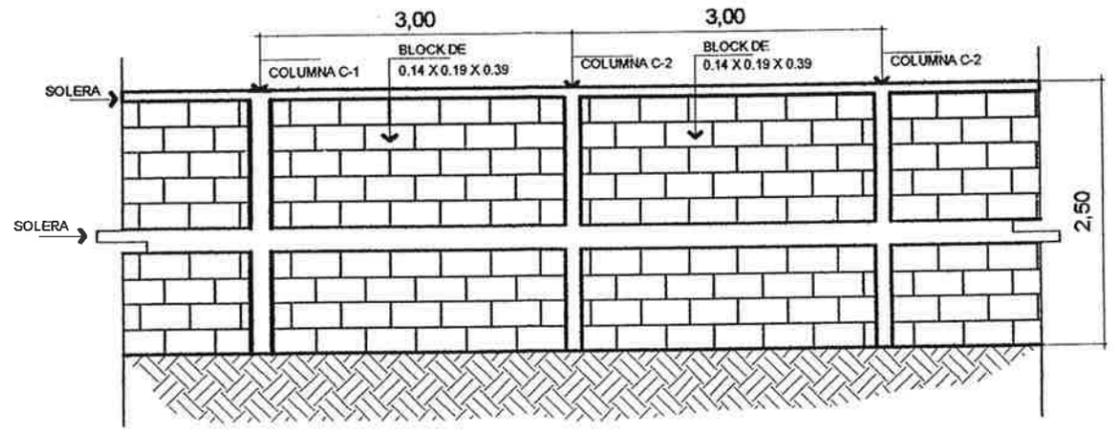
CAMPO DE FUT BOL



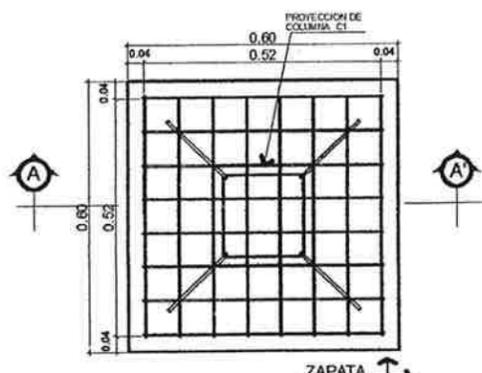
| SIMBOLOGIA |                  |
|------------|------------------|
|            | MURO A CONSTRUIR |
|            | MURO EXISTENTE   |

MURO PERIMETRAL  
CENTRO DE CAPACITACIÓN

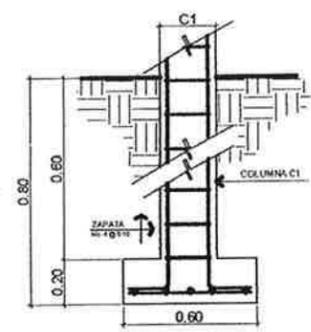
ESC: 1/300



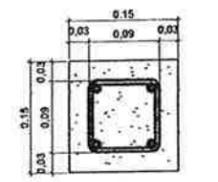
DETALLE DE MURO PERIMETRAL  
ELEVACION SIN ESCALA



PLANTA ZAPATA MURO PERIMETRAL  
ZAPATA No. 4 @ 0.10 SIN ESCALA

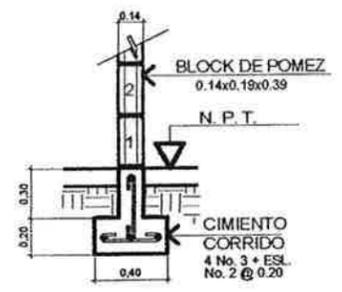


SECCION DE ZAPATA A-A'  
SIN ESCALA

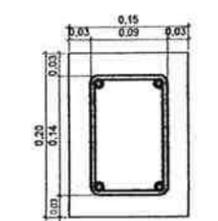


○ 4 No. 3 + EST. No. 2 @ 0.15

SOLERA SIN ESCALA

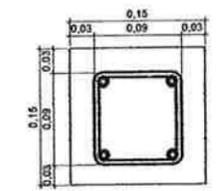


CIMENTO CORRIDO CC3 SIN ESCALA



○ 4 No. 4 + EST. No. 2 @ 0.15

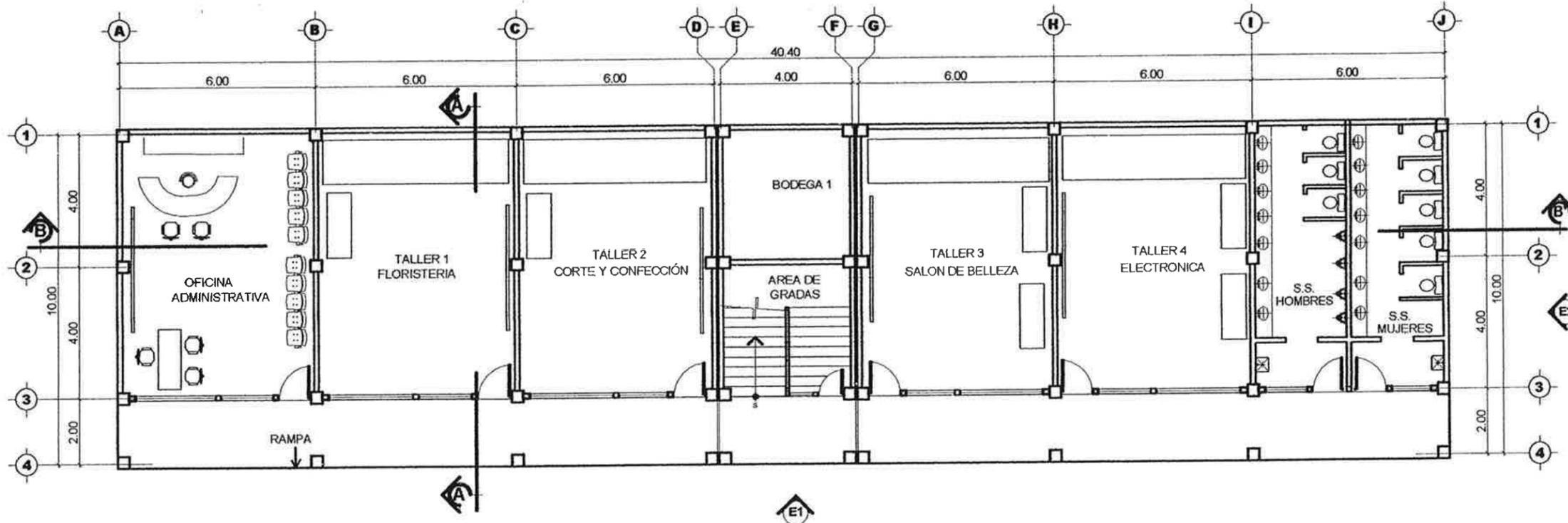
COLUMNA TIPO C1 SIN ESCALA



○ 4 No. 4 + EST. No. 2 @ 0.15

COLUMNA TIPO C2 SIN ESCALA

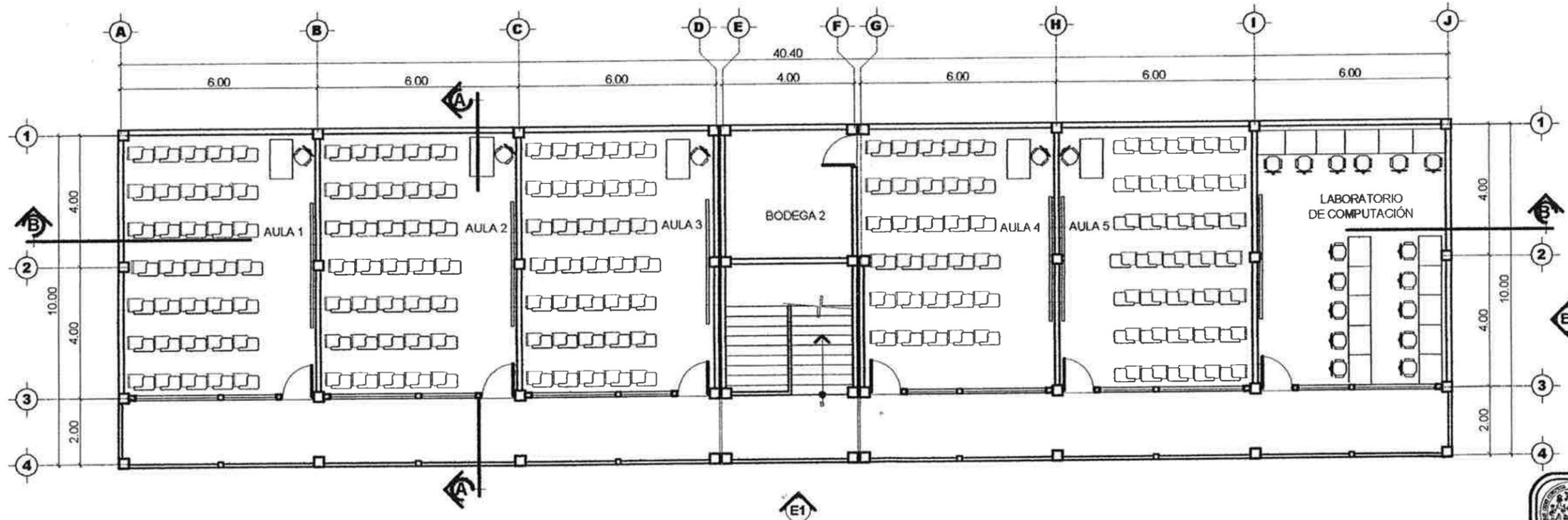
|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |  |   |
|   | PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA            |  |   |
| CONTENIDO: MURO PERIMETRAL + DETALLES   |   |  |   |
| EPESISTA:<br>CARLOS IVÁN HERRERA MONTEROSO  | CARNE:<br>2008-18917  | HOJA:<br>2 / 15                                | DISEÑO:<br>CARLOS IVÁN HERRERA M.<br>CALCULO:<br>CARLOS IVÁN HERRERA M.<br>DIBUJO:<br>CARLOS IVÁN HERRERA M.<br>ESCALA:<br>INDICADA<br>FECHA:<br>ENERO / 2013 |
| ASESORIA:<br>CARLOS IVÁN HERRERA MONTEROSO EPS<br>MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |   | MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHAETA<br>ASESOR EPS |   |



**PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL**

PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/160



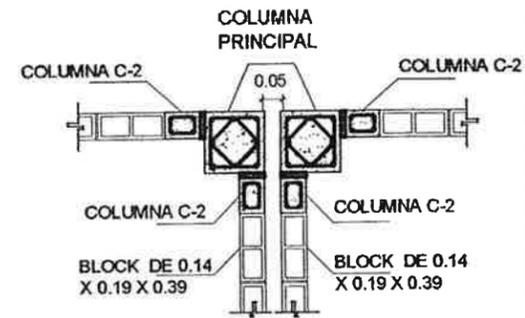
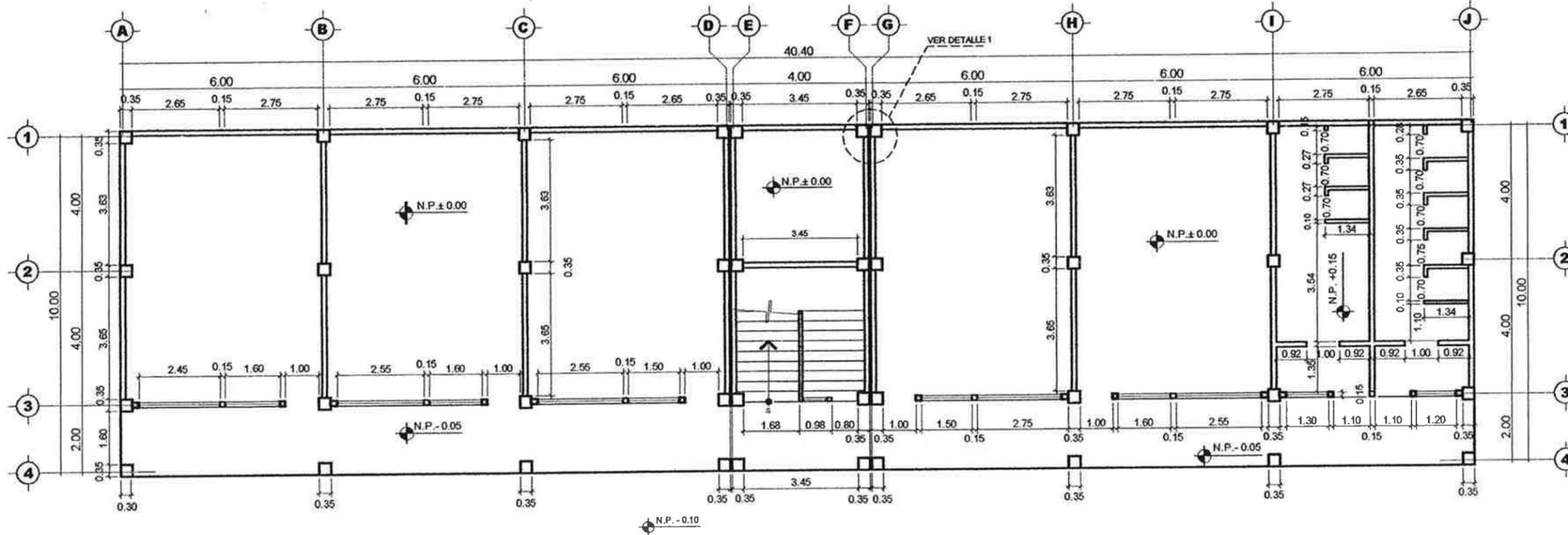
**PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL**

SEGUNDO NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/160



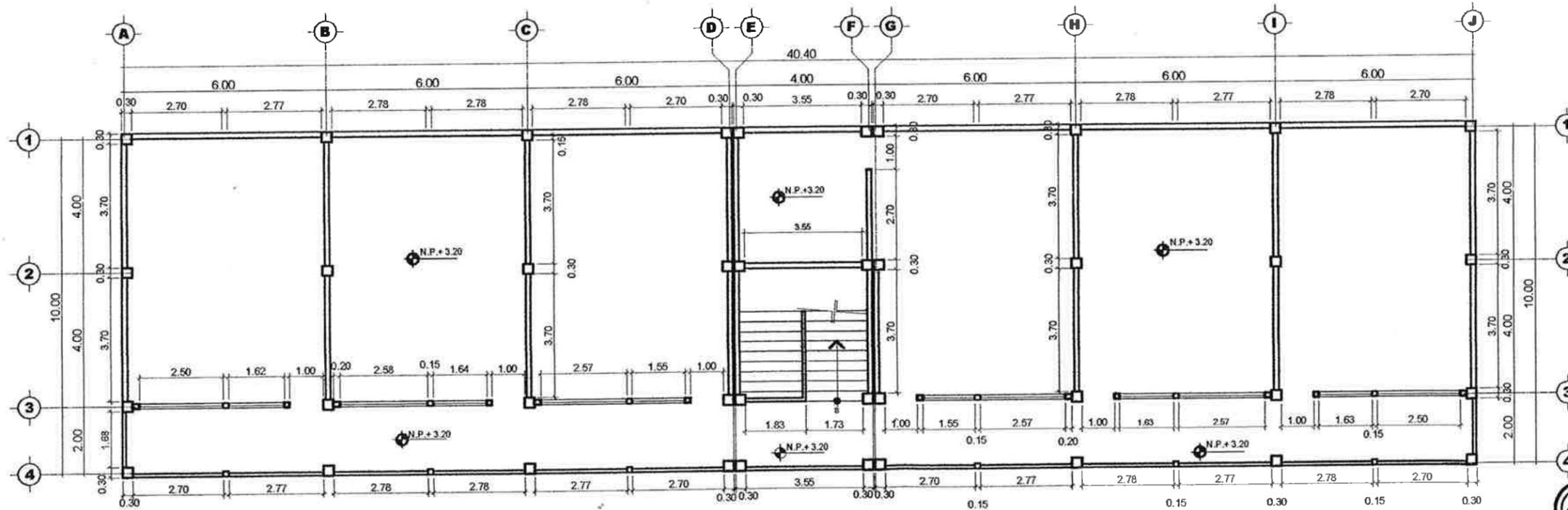
|   |                   |   |             |
|---|-------------------|---|-------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |                   |   |             |
| PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN  |                   |   |             |
| UBICACIÓN: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTAROSA   |                   |   |             |
| CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA   |                   |   |             |
| PROFESOR: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO  | EPIME: 2008-18917 | FOLIO: 3 / 15                                       | FECHA: 2013 |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO<br>EPS DE SUPERVISACIÓN  |                   | ING. MANUEL ALFREDO ARRIVALAZA COXETA<br>ASESOR EPS |             |



**DETALLE 1**  
DE COLUMNAS SIN ESCALA

**PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL**  
PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/160



**PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL**  
SEGUNDO NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/160

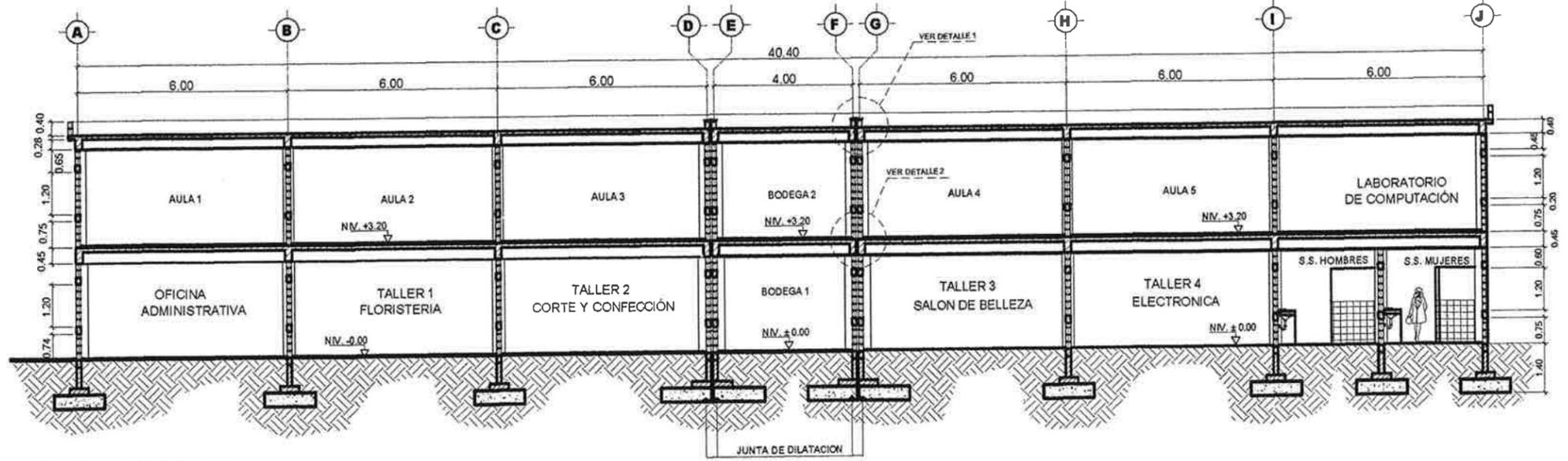


|   |            |  |        |
|---|------------|--|--------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |            |  |        |
| CENTRO DE CAPACITACION  |            |  |        |
| MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA   |            |  |        |
| PLANTA ACOTADA  |            |  |        |
| PROYECTO  | FECHA      | FOLIO  | PAGINA |
| CARLOS IVÁN HERRERA MONTEROSES  | 2008-10-17 | 4  | 15     |
| ING. CARLOS IVÁN HERRERA MONTEROSES<br>EPS DE INGENIERIA  |            | ING. MARCELO ALFREDO ARBENLAGA OCHETEA<br>ASESOR EPS |        |



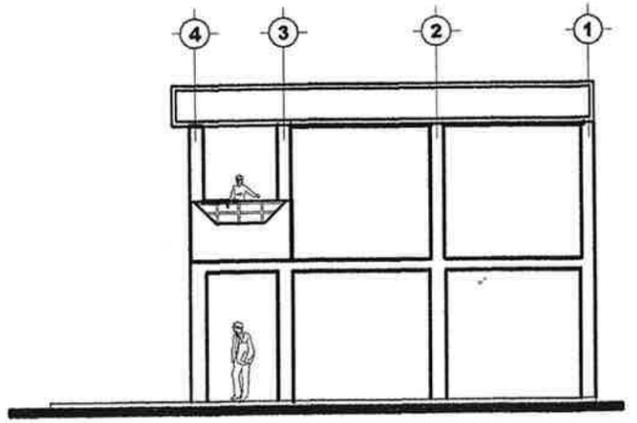
**ELEVACION (E-1)**  
LADO FRONTAL

ESCALA: 1/160



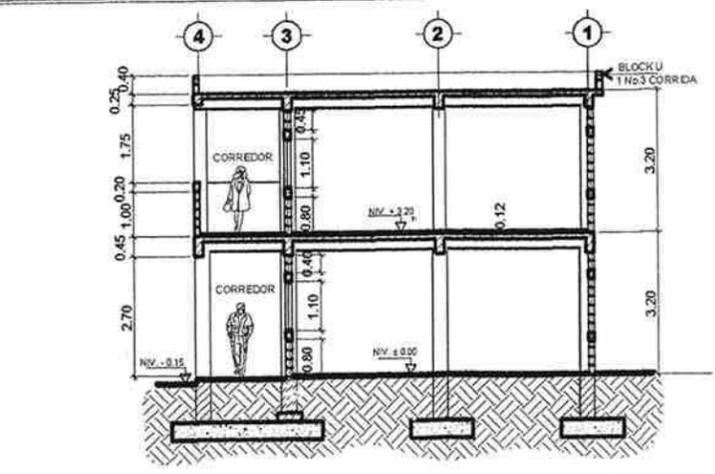
**SECCION B-B'**  
LONGITUDINAL

ESCALA: 1/160



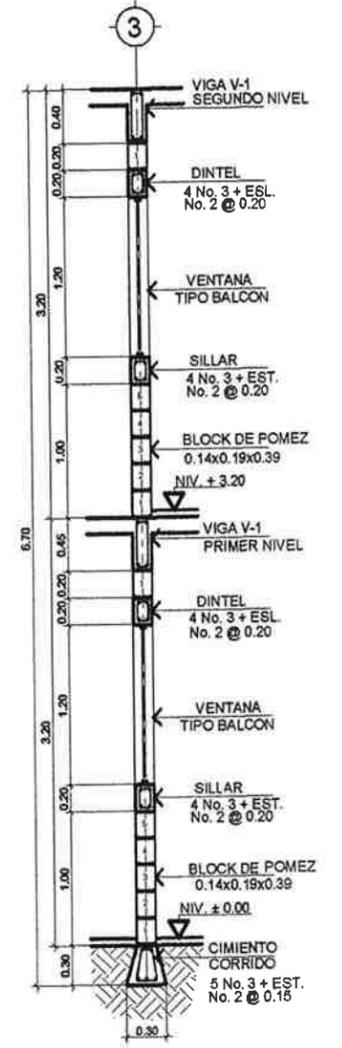
**ELEVACION (E-2)**  
LATERAL

ESCALA: 1/160

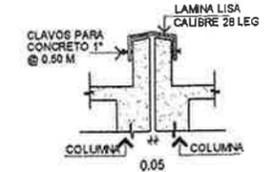


**SECCION A-A'**  
TRANSVERSAL

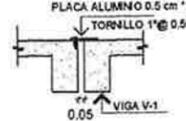
ESCALA: 1/160



**CORTE DE MURO 1**  
SIN ESCALA



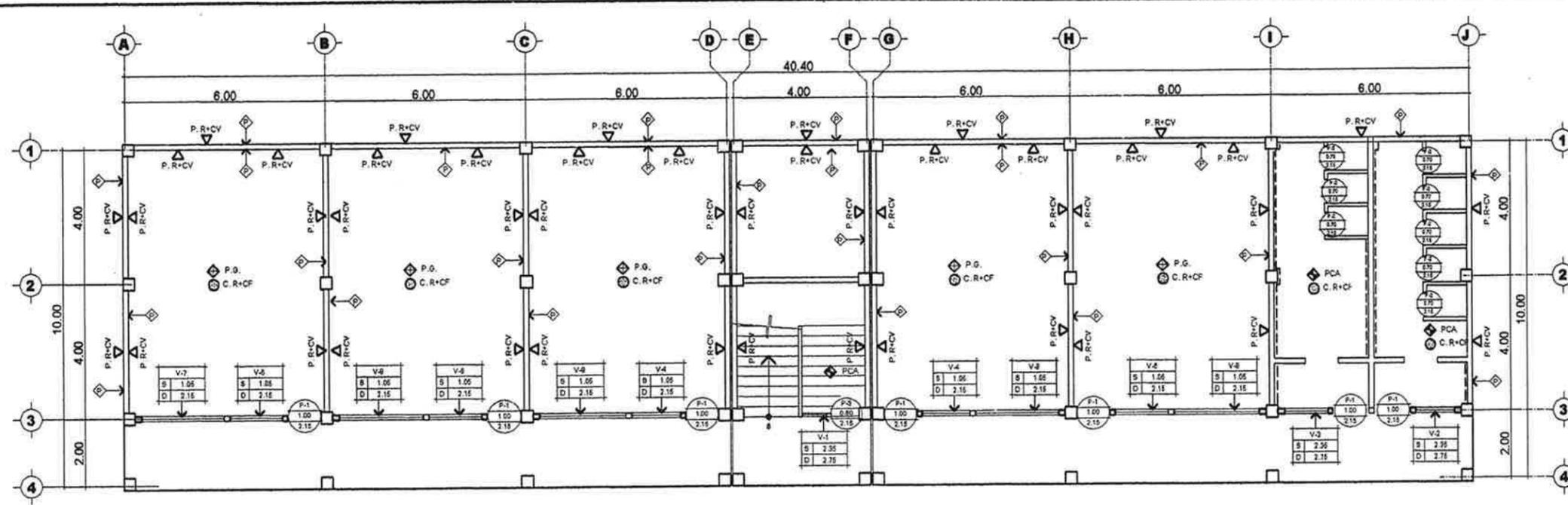
JUNTA SISMICA  
DETALLE 1  
SIN ESCALA



DETALLE 2  
JUNTA SISMICA  
SIN ESCALA

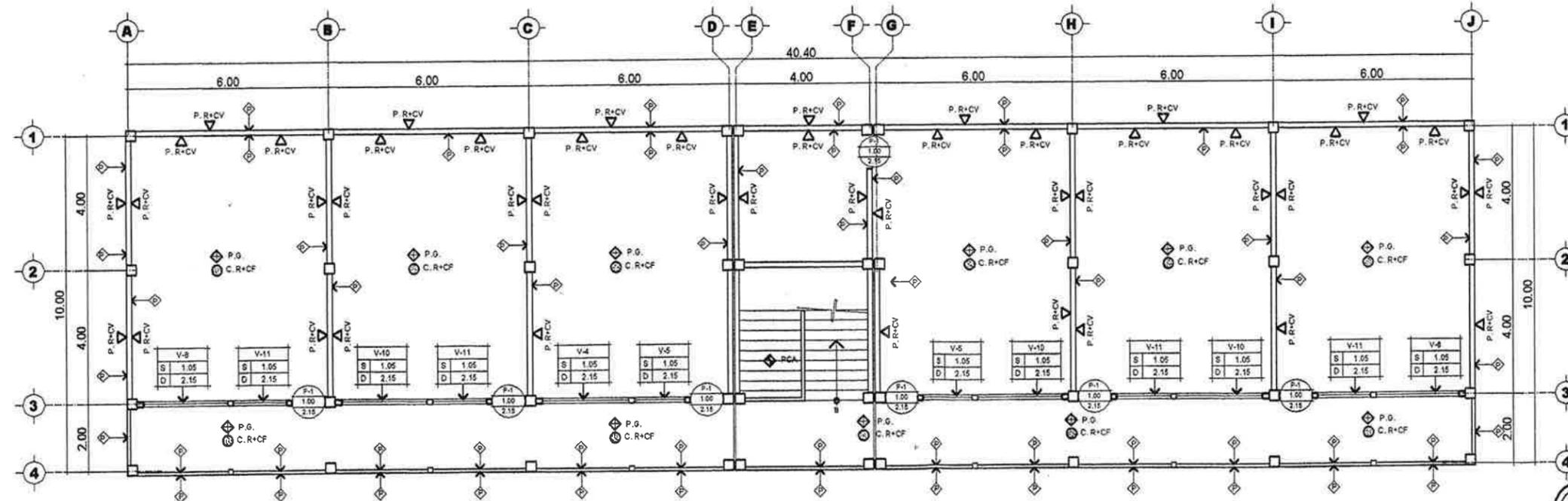
|  |   |                 |  |
|--|---|-----------------|--|
|  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |                 |  |
|  | PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA            |                 |  |
| CONTENIDO: ELEVACIONES + SECCIONES                             |   |                 |  |
| DISEÑADO POR:<br><b>CARLOS VAN HERRERA MONTERROSO</b>          | CARRERA:<br>2008-18917  | HOJA:<br>5 / 15 | DISEÑO:<br>CARLOS VAN HERRERA M.<br>CALCULO:<br>CARLOS VAN HERRERA M.<br>DISEÑO:<br>CARLOS VAN HERRERA M.<br>ESCALA:<br>INDICADA<br>FECHA:<br>05/07/2015 |
| ASESORADO POR:<br>MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOA<br>ASESOR EPS |   |                 |  |

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS



**PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL**  
PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/160



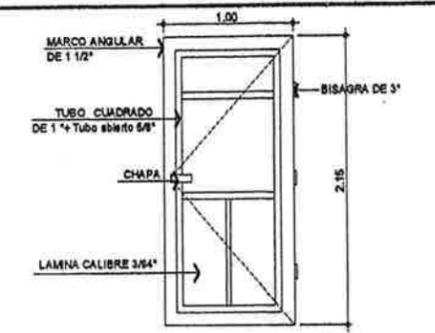
**PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL**  
SEGUNDO NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/160

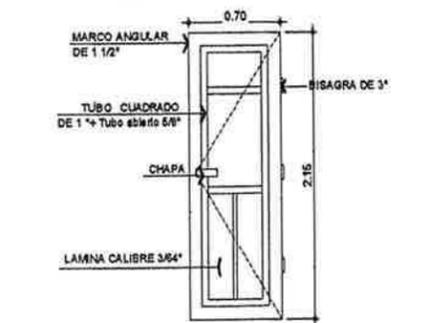
| PLANILLA DE PUERTAS |          |       |      |            |   |
|---------------------|----------|-------|------|------------|---|
| TIPO                | CANTIDAD | ANCHO | ALTO | SOBREMARCO | OBSERVACIONES                           |
| P-1                 | 14       | 1.00  | 2.15 | ---        | METAL (ASBTIBLE)                        |
| P-2                 | 8        | 0.70  | 2.15 | ---        | METAL (con pesador SS) 9.30 S. M. P. T. |
| P-3                 | 1        | 0.80  | 1.85 | ---        | METAL (ASBTIBLE)                        |

**NOTA:**

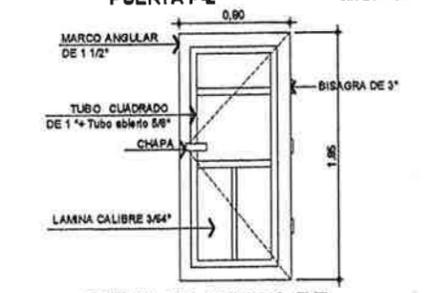
- LAS MEDIDAS DE PUERTAS Y VENTANAS ESTAN EN BASE AL NIVEL DE PISO TERMINADO, LOS MATERIALES A UTILIZAR SE RESPETARAN SEGUN PLANOS.
- PUERTA Y MARCO DE METAL SUJETADOS CON TRES VISAGRAS DE 3° ACABADO FINAL. 2 MANOS DE PINTURA ANTICORROSIONA COLOR A POR EL SUPERVISOR MARCO DE PUERTA DE ANGULAR DE 1 1/2", CHAPA DE MARCA YALE.



**DETALLE TIPICO DE PUERTA P-1**  
SIN ESCALA



**DETALLE TIPICO DE PUERTA P-2**  
SIN ESCALA



**DETALLE TIPICO DE PUERTA P-3**  
SIN ESCALA

| NOMENCLATURA                     |                                  |                                |   |
|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---|
| SIMBOLO                          | UBICACION                        | MATERIAL                       | OBSERVACIONES                                 |
| PCP                              | PISO                             | PISO DE GRANITO                | NINGUNA                                       |
| PCA                              | PISO                             | PISO CERAMICO ANTIDESLIZANTE   | NINGUNA                                       |
| C.R+CF                           | CIELO                            | REPELLO + CERNEO FINO          | INCLUYE PINTURA                               |
| ---                              | PARED                            | PARED AZULEJO H= 1.20          | AZULEJOS NACIONAL                             |
| ---                              | PARED                            | PINTURA                        | NINGUNA                                       |
| P-R+CV                           | PARED                            | REPELLO + CERNEO VERTICAL      | NINGUNA                                       |
| BALCON                           | BALCON                           | Metal TIPO BALCON Segun Clario | NINGUNA                                       |
| PUERTAS                          | PUERTAS                          | METAL + VIDRIO (VER PLANILLA)  | NINGUNA                                       |
| CUADRO IDENTIFICADOR DE VENTANAS | CUADRO IDENTIFICADOR DE VENTANAS | VI 1.00<br>SI 1.05<br>DI 2.15  | TIPO DE VENTANA<br>ALTA Y BAJA<br>ALTA Y BAJA |
| CUADRO IDENTIFICADOR DE PUERTAS  | CUADRO IDENTIFICADOR DE PUERTAS  | PA 1.00<br>SI 1.05<br>DI 2.15  | TIPO DE PUERTA<br>ALTA Y BAJA<br>ALTA Y BAJA  |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

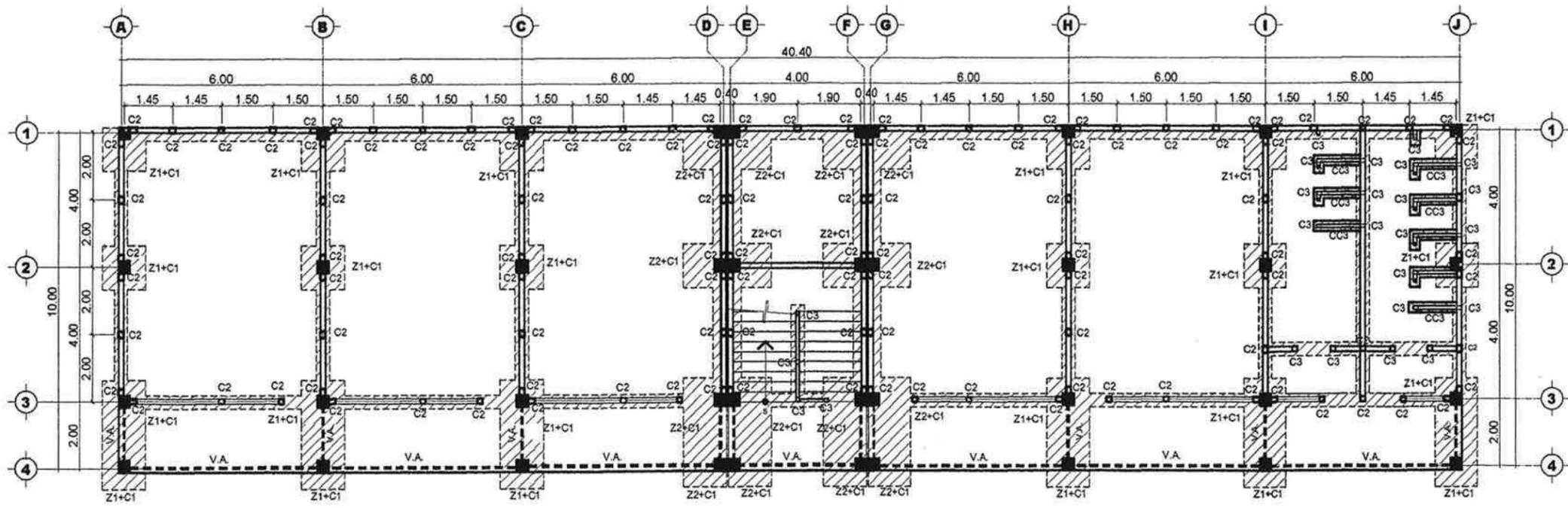
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION  
UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA

CLIENTE: PLANTA DE ACABADOS

PROFESOR: CARLOS IVAN HERRERA MONTERROSO  
CARRERA: INGENIERIA CIVIL  
N° DE IDENTIFICACION: 2008-16917  
FECHA: 15/05/2015

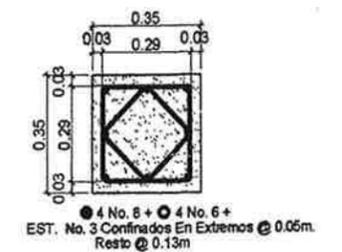
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS

Facultad de Ingenieria

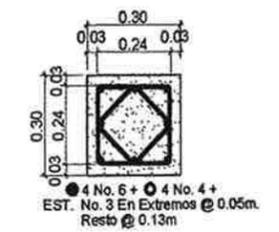


**PLANTA DE CIMENTACION, PRIMER NIVEL**  
PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

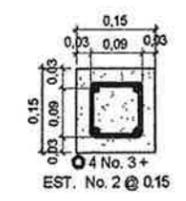
ESCALA: 1/160



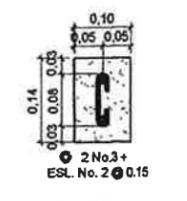
**COLUMNA TIPO C1**  
PRIMER NIVEL SIN ESCALA



**COLUMNA TIPO C1**  
SEGUNDO NIVEL SIN ESCALA



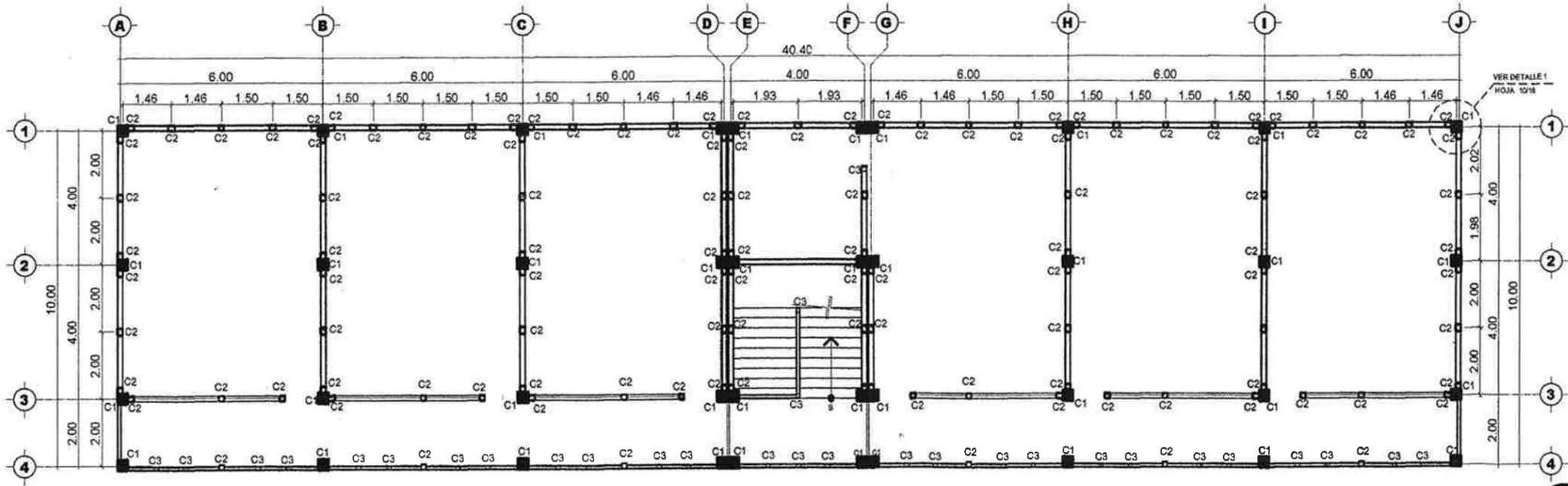
**COLUMNA TIPO C2** SIN ESCALA



**COLUMNA TIPO C3** SIN ESCALA



**VIGA DE AMARRE VA-1** SIN ESCALA

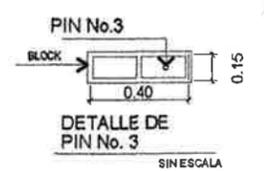


**PLANTA DE LOCALIZACION DE COLUMNAS, SEGUNDO NIVEL**  
SEGUNDO NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/160

NOMENCLATURA:

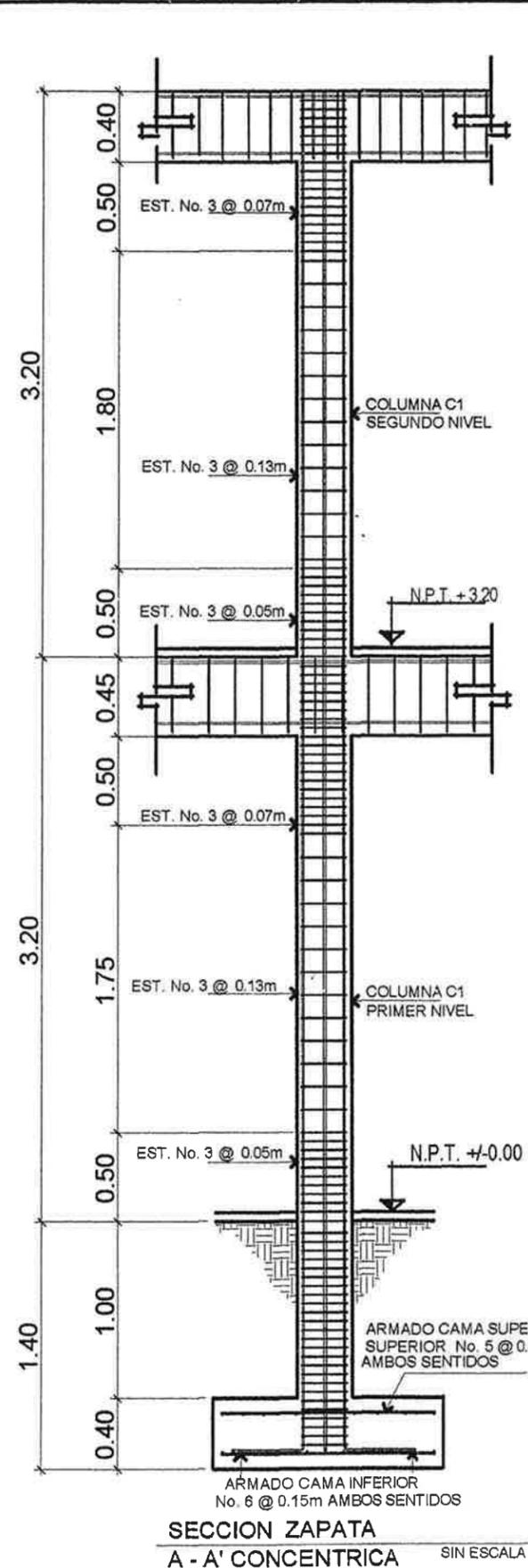
|       |                                       |
|-------|---------------------------------------|
| ①     | INDICA CORTE DE MURO                  |
| Z1+C1 | INDICA COLUMNA TIPO 1 + ZAPATA TIPO 1 |
| C2    | INDICA COLUMNA TIPO 2                 |
| ●     | INDICA PIN No. 3                      |
| ---   | INDICA VIGA DE AMARRE 1               |



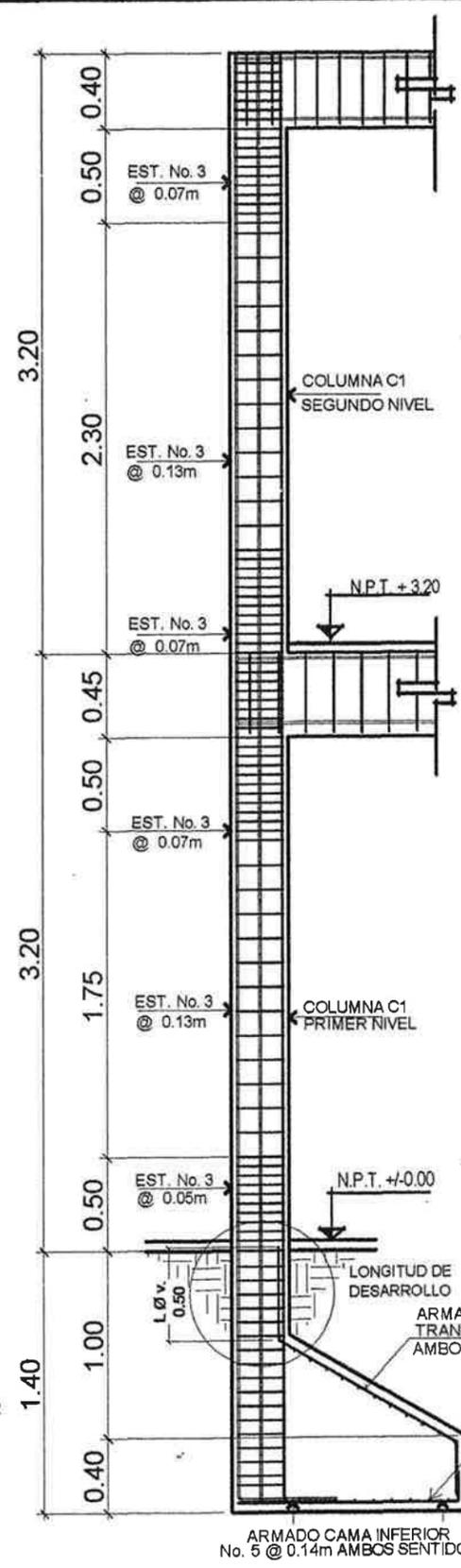
- NOTAS:
- LA UNIDAD DE MAMPOSTERIA SERA BLOCK DE PIEDRA POMEZ DE 0.14 x 0.19 x 0.39
  - RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LA UNIDAD DE MAMPOSTERIA  $f_m=35 \text{ Kgs./cm}^2$  SOBRE UNIDAD BRUTA
  - RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION  $F_c=210 \text{ Kgs/cm}^2$
  - RESISTENCIA MINIMA DEL ACERO= 40 Kgs/Pig<sup>2</sup>
  - EL ACERO DE REFUERZO VA ANCLADO AL CIMENTO CORRIDO
  - PROPORCIÓN DE CONCRETO 1:2:2 LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS  $F_c=3000 \text{ PSI}$  (210kg/cm<sup>2</sup>) PARA 1 M3 DE CONCRETO 10 SACO DE CEMENTO, 9 CARRETA DE ARENA DE RIO, 9 CARRETA DE PIEDRIN.

|   |                    |                 |
|---|--------------------|-----------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |                    |                 |
| CENTRO DE CAPOTACION<br>MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTAROSA                                    |                    |                 |
| PLANTA DE CIMENTACION + COLUMNAS  |                    |                 |
| PROFESOR<br>CARLOS WILSON MONTENEGRO  | TIPO<br>2008-19217 | FECHA<br>7 / 15 |
|   |                    |                 |
|   |                    |                 |

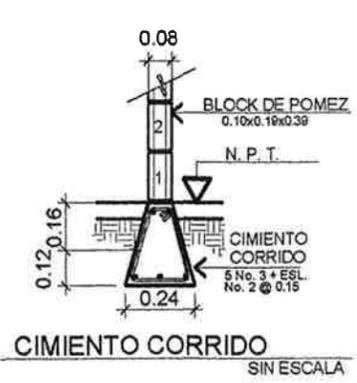
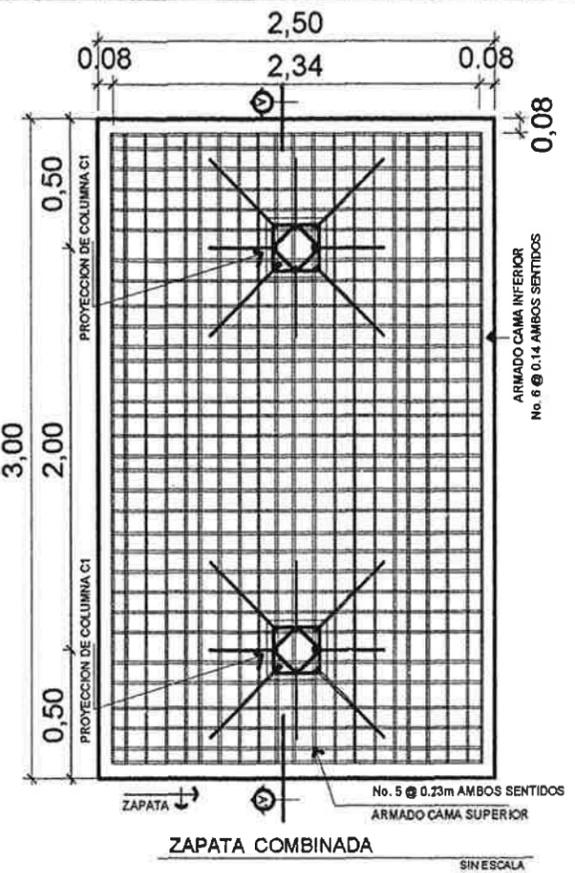
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS



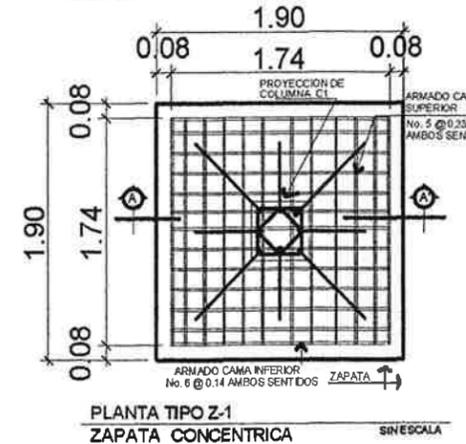
SECCION ZAPATA A - A' CONCENTRICA SIN ESCALA



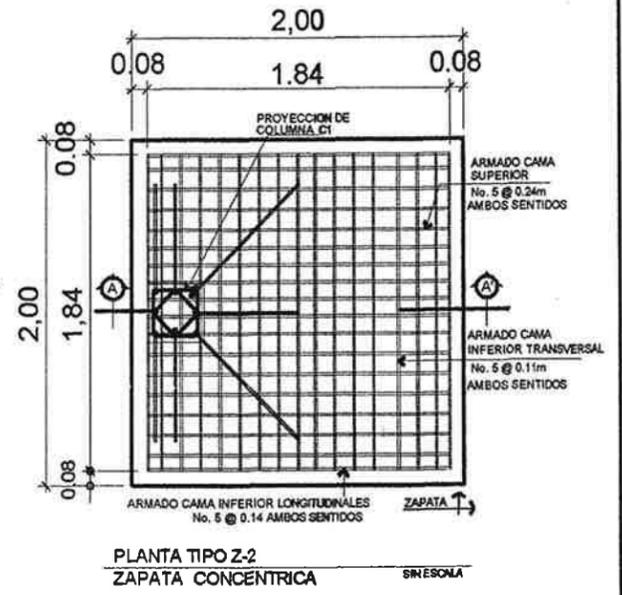
SECCION DE ZAPATA A - A' EXCENTRICA SIN ESCALA



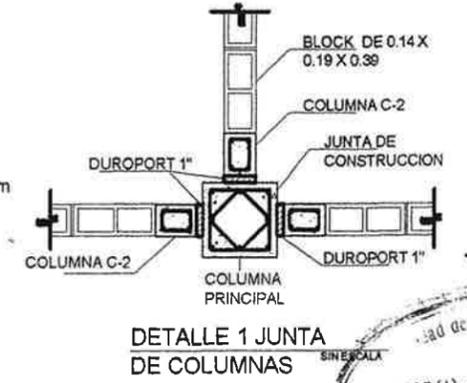
CIMENTO CORRIDO SIN ESCALA



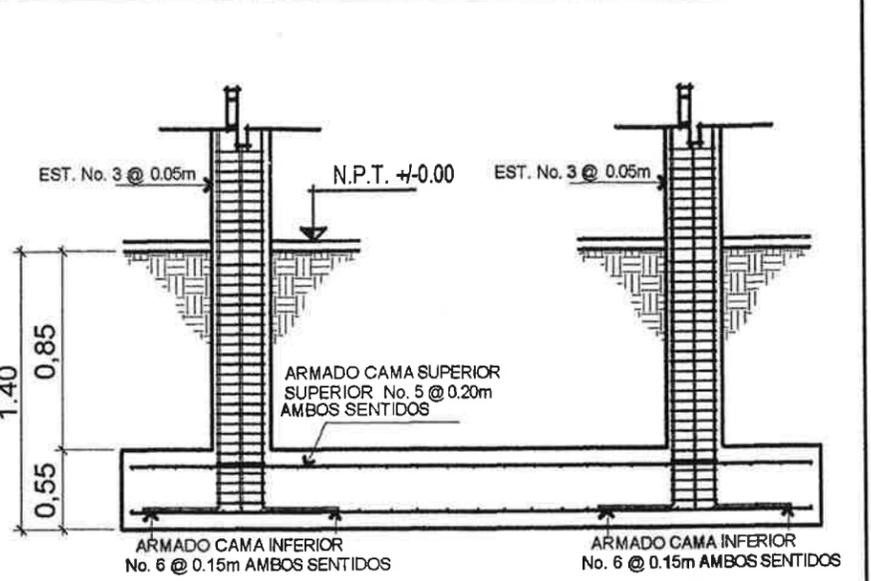
PLANTA TIPO Z-1 ZAPATA CONCENTRICA SIN ESCALA



PLANTA TIPO Z-2 ZAPATA CONCENTRICA SIN ESCALA

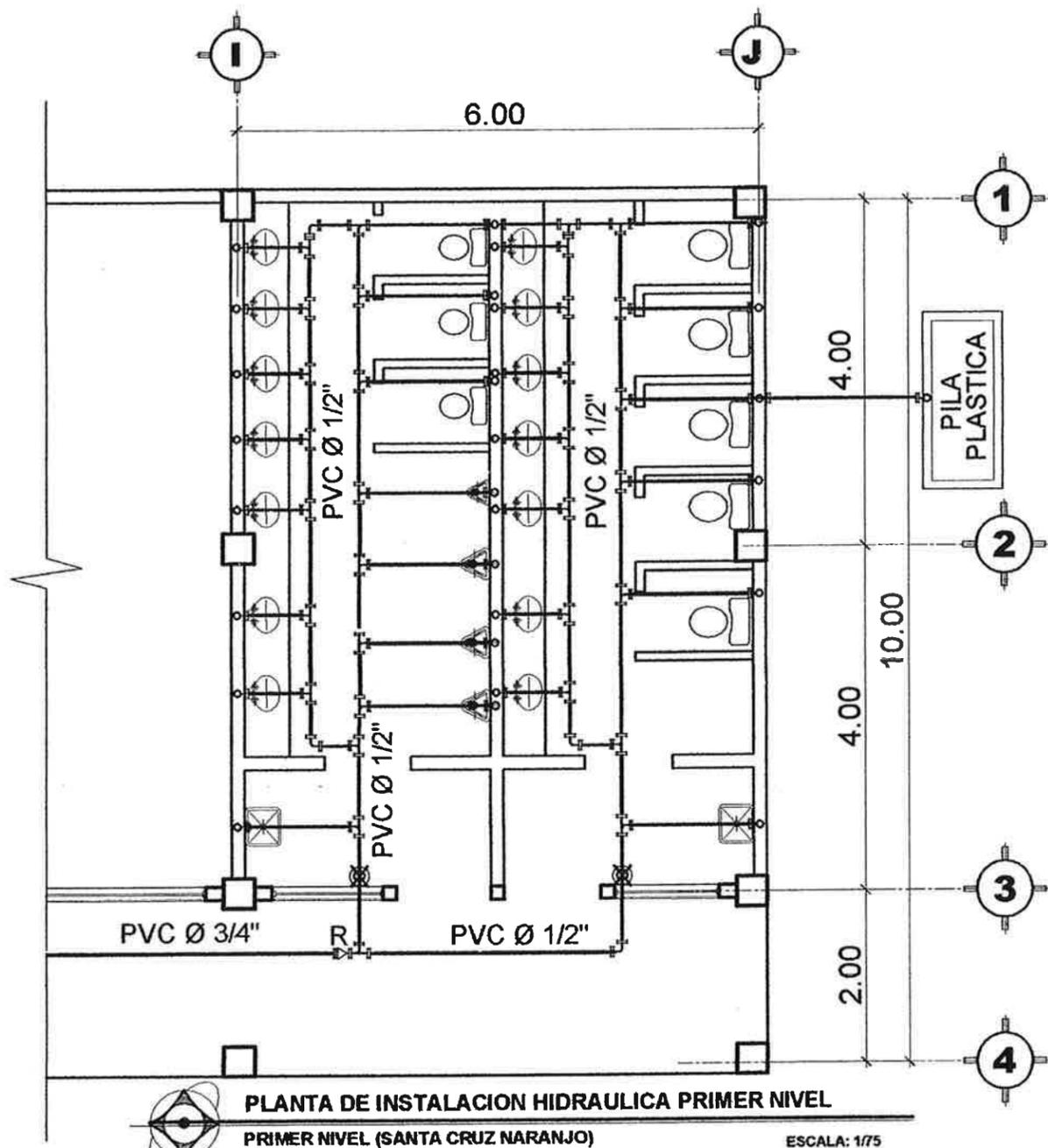


DETALLE 1 JUNTA DE COLUMNAS SIN ESCALA



SECCION ZAPATA A - A' CONCENTRICA SIN ESCALA

|  |  |   |  |   |  |
|--|--|---|--|---|--|
|  |  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |  |   |  |
| PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |  | CONTENIDO: DETALLES DE CIMENTACION  |  | DISEÑO: CARLOS NÁN HERRERA M.<br>CALCULO: CARLOS NÁN HERRERA M.<br>DIBUJO: CARLOS NÁN HERRERA M.<br>ESCALA: INDICADA<br>FECHA: EJERCIO 2013 |  |
| EFECTIVA: CARLOS NÁN HERRERA MONTERROSO<br>INGENIERO CIVIL                                 |  | CARTE: 2008-18917   |  | FIGA: 8 / 15  |  |
| ASESOR(A)-SUPERVISOR: Ing. MANUEL ALFREDO ARRIVALLAGA OLMETA<br>ASESOR EPS                 |  |   |  |   |  |



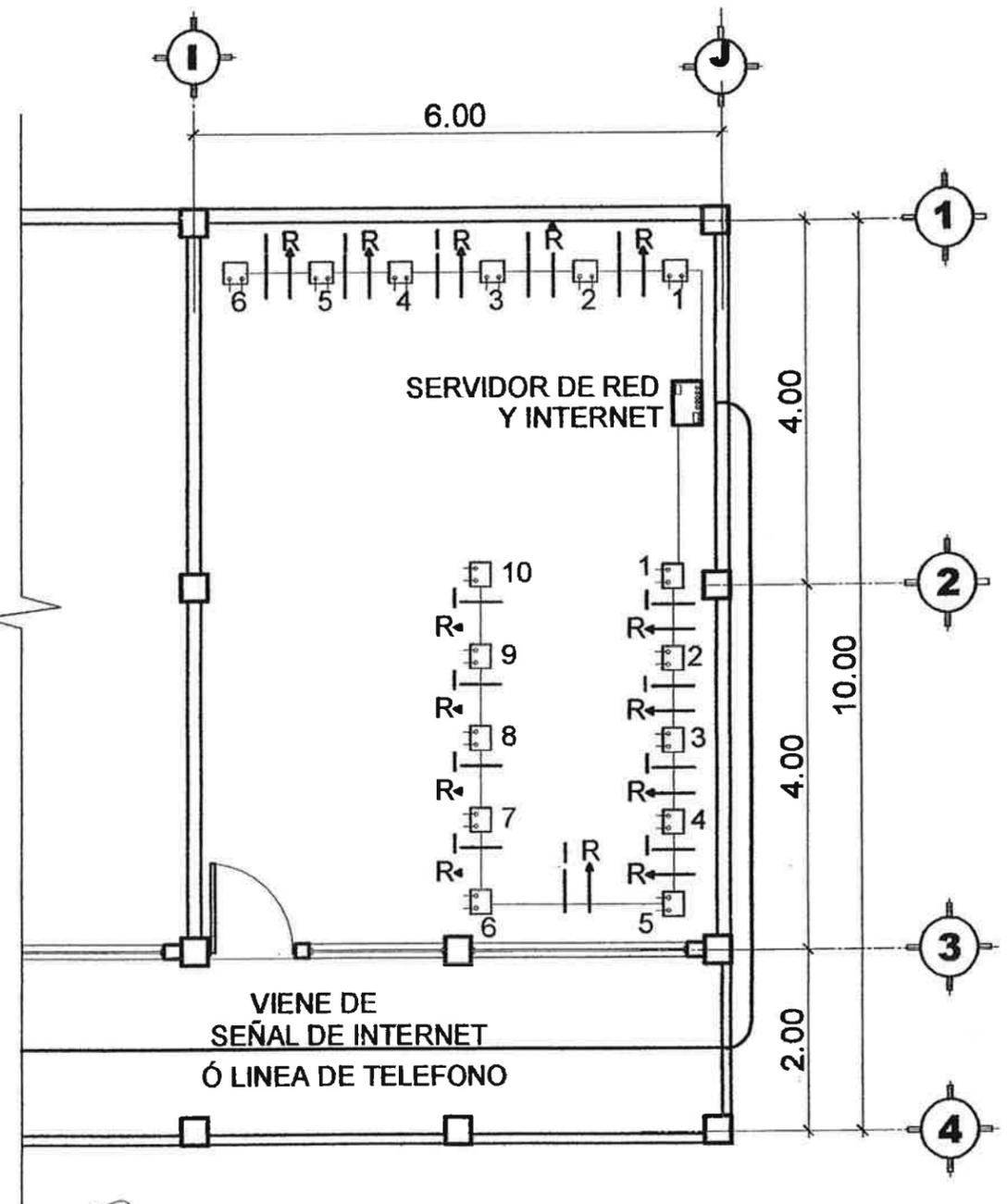
**PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA PRIMER NIVEL**

PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/75

| INST. HIDRAULICA |                             |
|------------------|-----------------------------|
| SIMBOLO          | DESCRIPCION                 |
| —                | TUBERIA PVC Ø INDICADO      |
| ⊕                | LLAVE DE PASO               |
| ⊕                | TEE HORIZONTAL              |
| ⊕                | CODO A 90° VERTICAL         |
| ⊕                | CODO A 90° HORIZONTAL       |
| ⊕                | TEE A 90° VERTICAL          |
| ⊕                | REDUCIDOR                   |
| □                | PILA PLASTICA DOS LAVADEROS |

| NOMENCLATURA INST. ESPECIALES |                                       |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| SIMBOLO                       | DESCRIPCION                           |
| I                             | SEÑAL DE INTERNET ó Línea Telefónica. |
| R                             | SEÑAL DE RED                          |
| ⊕-9                           | ENTRADA DE INTERNET Y RED             |



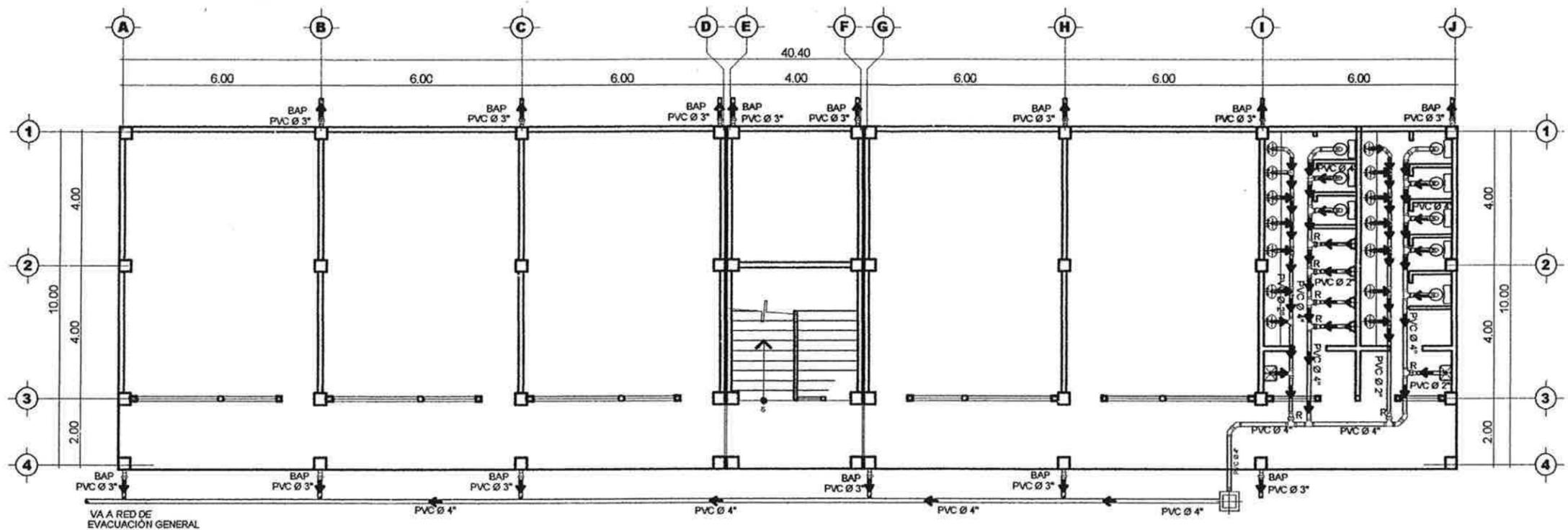
**PLANTA DE INSTALACIONES ESPECIALES, SEGUNDO NIVEL**

PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/75

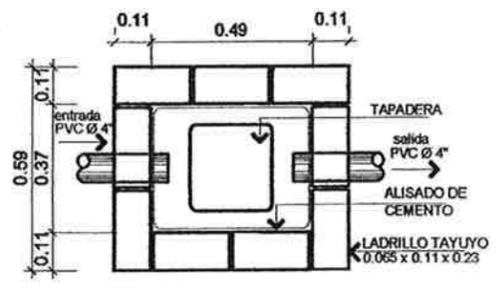


|   |                      |   |  |
|---|----------------------|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |                      |   |  |
| PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA  |                      |   |  |
| CONTENIDO:<br><b>PLANTA DE INSTALACIONES HIDRAULICAS + ESPECIALES</b>   |                      |   |  |
| EPENITA:<br><b>CARLOS IVAN HERRERA MONTERROSO</b>   | CARNE:<br>2008-18917 | HOJA:<br>9 / 15                                       |  |
| ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS<br>Unidad de Prácticas de Ingeniería<br>Facultad de Ingeniería   |                      | Ing. MANUEL ALFREDO ARRIVILLADA OCHAVEA<br>ASesor EPS |  |
| INGENIERO: CARLOS IVAN HERRERA M.<br>CALCULO: CARLOS IVAN HERRERA M.<br>DISEÑO: CARLOS IVAN HERRERA M.<br>ESCALA: INDICADA<br>FECHA: ENERO / 2013 |                      |   |  |

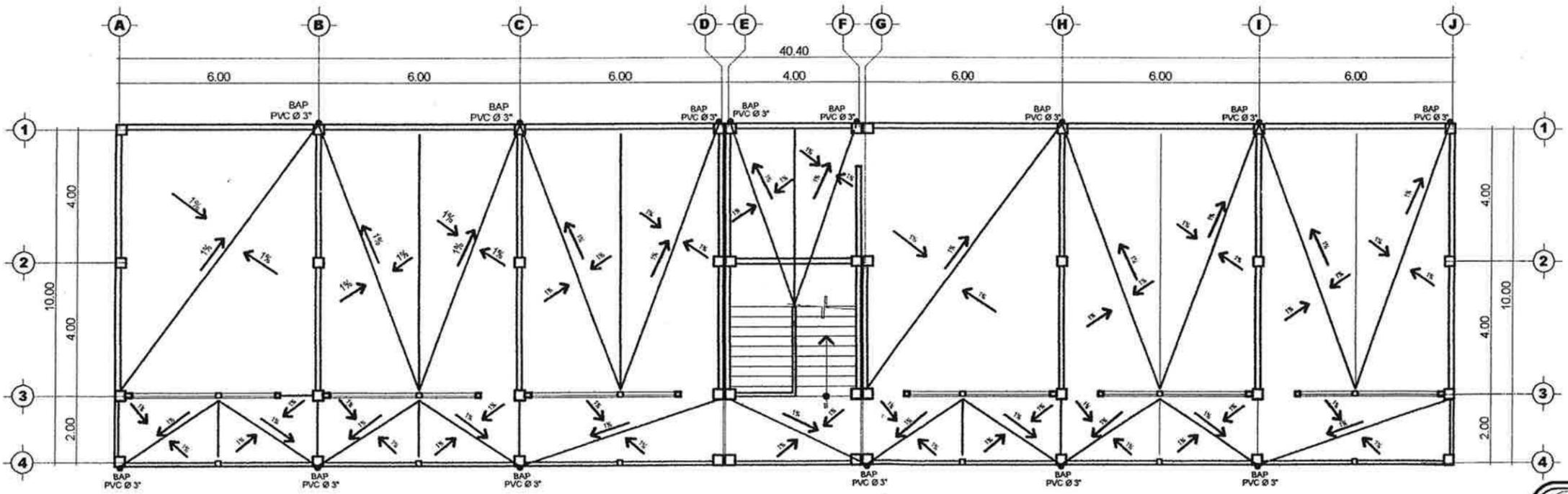


**PLANTA DE INSTALACION DE DRENAJE PRIMER NIVEL**  
PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO) ESCALA: 1/160

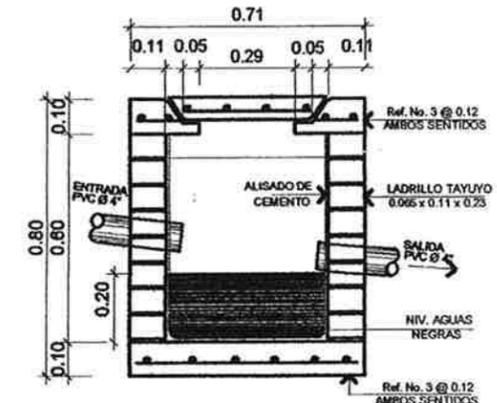
| NOMENCLATURA INST. SANITARIA |   |
|------------------------------|---|
| SIMBOLO                      | DESCRIPCION   |
|                              | TUBERIA DE AGUAS NEGRAS PVC, Ø INDICADO                             |
|                              | TUBERIA DE AGUAS PLUVIALES PVC, Ø INDICADO                          |
|                              | BAJADA DE AGUAS PLUVIALES   |
|                              | INDICA SENTIDO DE LOS PANELES EN LOSA PLANA                         |
|                              | CODO HORIZONTAL A 45°   |
|                              | SIFON TERMINAL  |
|                              | TEE HORIZONTAL  |
|                              | REDUCTOR  |
|                              | CODO A 90° VERTICAL   |
|                              | INDICA SENTIDO DE FLUJO Y PENDIENTE DE 2% EXCEPTO CUANDO SE INDIQUE |
|                              | CAJA DE REGISTRO  |



Planta Caja de Registro Sin Escala



**PLANTA DE INSTALACION DE BAJADAS DE AGUA PLUVIALES**  
SEGUNDO NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO) ESCALA: 1/160



Sección Caja de Registro Sin Escala

**AGUAS NEGRAS:**

1. LAS TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA DRENAJES QUE VAN EN EL INTERIOR DEL EDIFICIO SERAN DE PVC CLASE 80 PSI Y LLEVARAN UNA PENDIENTE DEL 2%, SALVO QUE SE INDIQUE OTRA.
2. LAS BAJANTES DE AGUAS NEGRAS SERAN DE PVC 80 PSI Y SE CONTINUARAN HACIA ARRIBA CON TUBO PVC 5/2\"/>

**AGUAS PLUVIALES:**

1. LAS BAJADAS DE AGUAS PLUVIALES SERAN DE PVC 80 PSI Ø 3\"/>
- 2. LA TUBERIA DE LA RED EXTERIOR DE DRENAJE PLUVIAL SERA DE PVC 80 PSI CON UN DIAMETRO DE 4\"/>

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION  
UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA

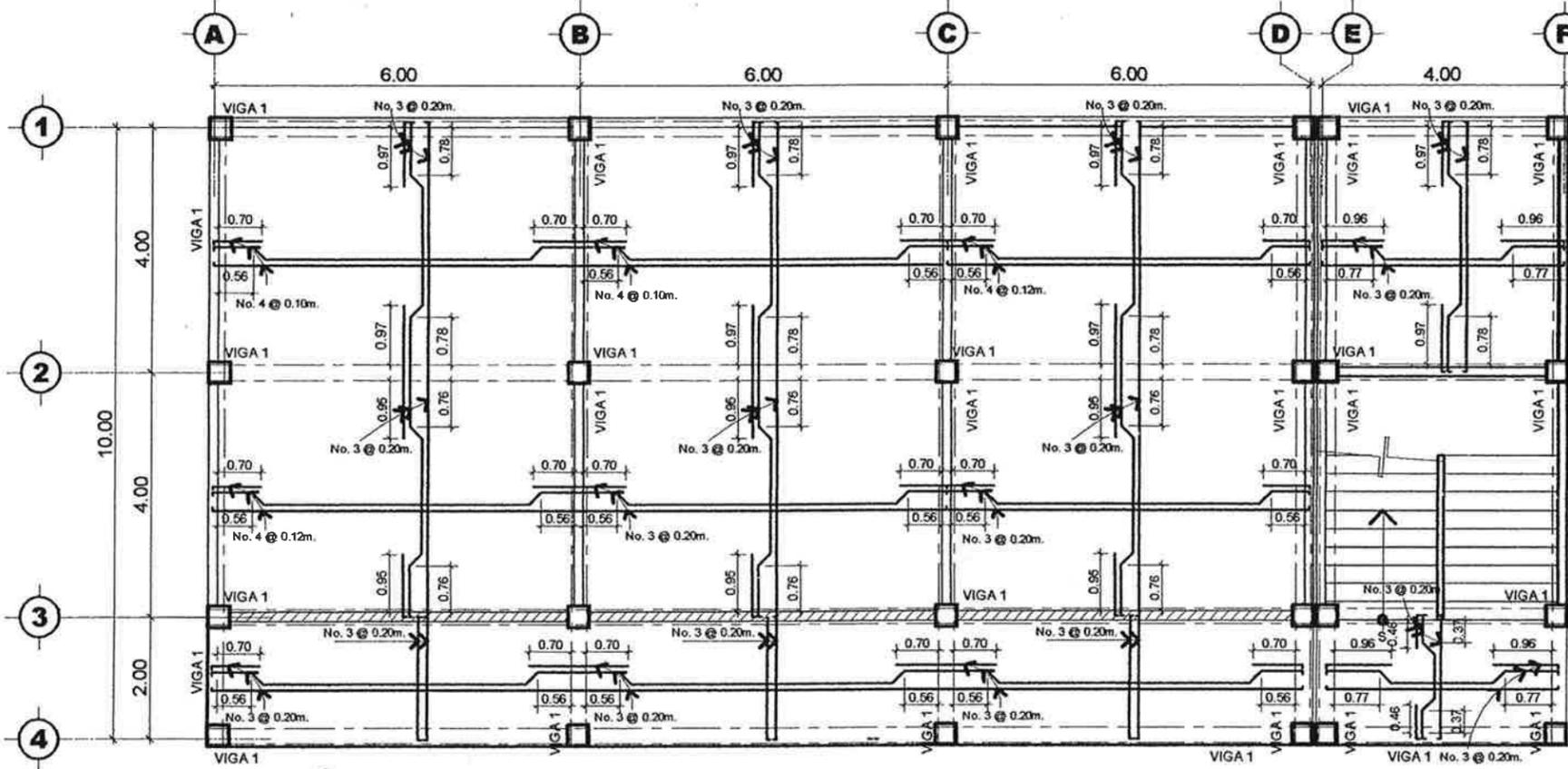
CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACION DE DRENAJE + INSTALACION DE BAJADAS PLUVIALES

PROFESOR: CARLOS IVÁN HERRERA M.A.M.  
PROFESOR: CARLOS IVÁN HERRERA M.A.M.

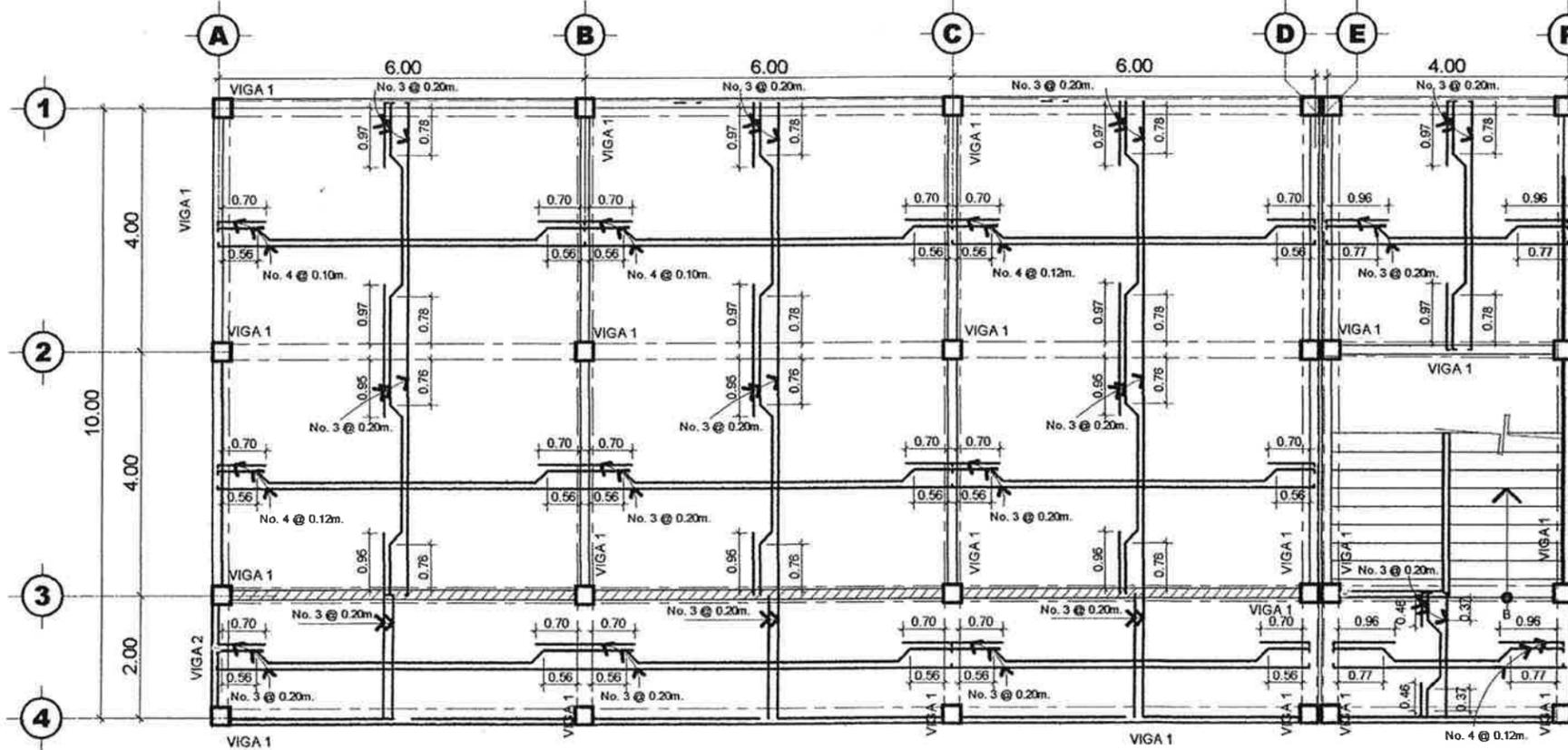
FECHA: 10 / 15  
CARRERA: 2008-18917

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A):  
EPS  
ING. NIBAL ALFREDO ARRILLAGA GONZALEZ  
ASESOR EPS

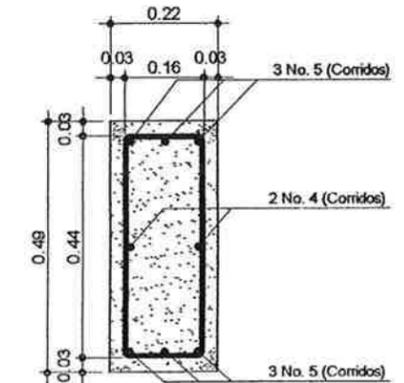




**PLANTA DE ARMADO DE LOSA PRIMER NIVEL**  
PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)  
ESCALA: 1/120

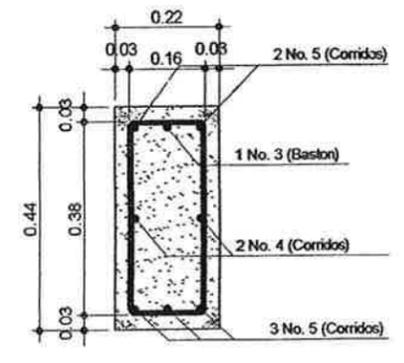


**PLANTA DE ARMADO DE LOSA SEGUNDO NIVEL**  
SEGUNDO NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)  
ESCALA: 1/120



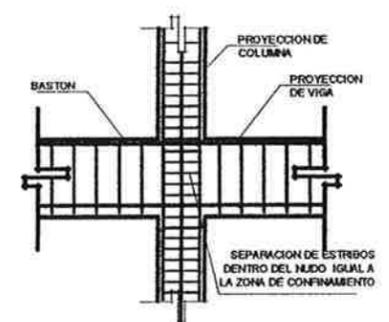
**DISTRIBUCION DE ESTRIBOS No. 4**  
1 @ 0.05m EN 0.80m INICIANDO EN AMBOS  
EXTREMOS RESTO @ 0.18m

**SECCION TIPICA VIGA 1**  
PRIMER NIVEL  
SIN ESCALA

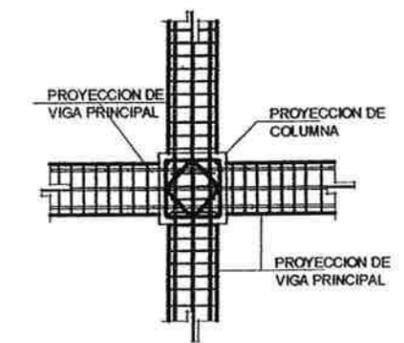


**DISTRIBUCION DE ESTRIBOS No. 3**  
1 @ 0.05m + 8 @ 0.09m INICIANDO EN AMBOS  
EXTREMOS RESTO @ 0.18m

**SECCION TIPICA VIGA 1**  
SEGUNDO NIVEL  
SIN ESCALA



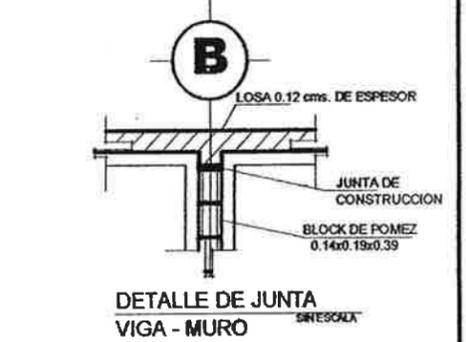
**ELEVACION VIGA-COLUMNA**  
SIN ESCALA



**PLANTA VIGA-COLUMNA**  
SIN ESCALA

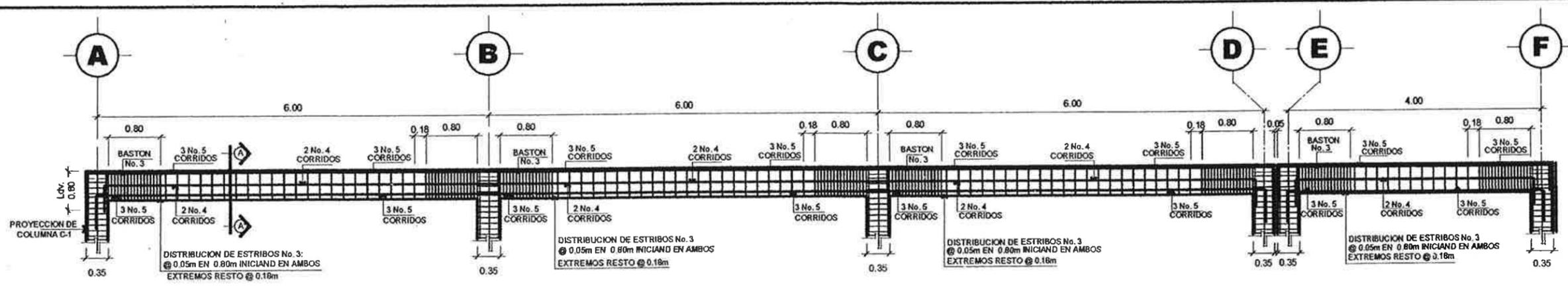
**ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOSAS:**

ACERO DE REFUERZO:  
EL ACERO DEBERA TENER UN  $F_y=2810\text{kg/cm}^2$  (RIELES, BASTONES Y TENSIONES)  
CONCRETO:  
EL AGREGADO GRUESO (PIEDRIN) DEBERA TENER UN DIAMETRO DE  $\frac{3}{4}$ "  
PROPORCIÓN DE CONCRETO 1:2:2 LA RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 28 DIAS  $F'_c=3000\text{PSI}$  ( $210\text{kg/cm}^2$ ) PARA 1 M3 DE CONCRETO 10 SACO DE CEMENTO, 9 CARRETA DE ARENA DE RIO, 9 CARRETA DE PIEDRIN.  
LOSA:  
EL ESPESOR DE LA LOSA DEBERA SER DE 12 CMS.  
▨▨▨▨ INDICA DINTEL



**DETALLE DE JUNTA VIGA - MURO**  
SIN ESCALA

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
|  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |   |  |
|  | PROYECTO  | CENTRO DE CAPACITACION                      |  |
|  | UBICACION   | MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA |  |
| CONTENIDO                                  |   |   |  |
| <b>PLANTA ARMADO DE LOSA + DETALLES</b>    |   |   |  |
| EPESISTA                                   | CARTE   | HOJA  |  |
| CARLOS MANRIQUEZ MONTERROSO                | 2008-18917  | 11 / 15                                     |  |
|  |   |   |  |
| ASESORIA EN INGENIERIA CIVIL               |   | ASESOR E.P.S.                               |  |
| Unidad de Profesores de Guatemala y E.P.S. |   | Unidad de Profesores de Guatemala y E.P.S.  |  |
| Facultad de Ingeniería                     |   | Facultad de Ingeniería                      |  |



**SECCION LONGITUDINAL**

VIGA 1 PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75

**LONGITUD DE DESARROLLO**

CODIGO ACI 318-2008 SECCION 7.7.2

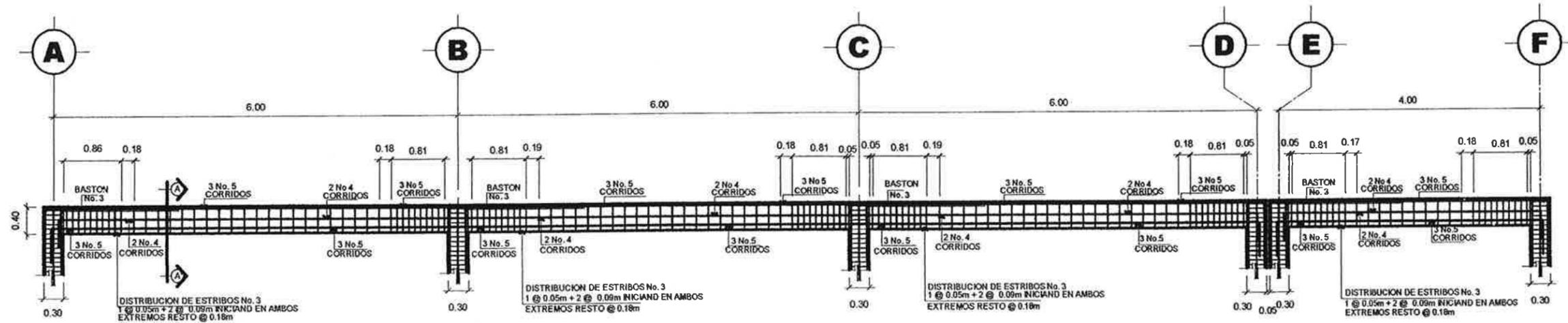
CAPITULO 7, SECCION 7.1  
PARA GANCHOS DE 90° = 12 VECES EL DIAMETRO DE LA BARRA  
PARA GANCHOS DE 180° = 4 VECES EL DIAMETRO DE LA BARRA

CAPITULO 12  
SECCION 12.11, PARA MOMENTOS POSITIVOS EN VIGAS  
SECCION 12.12, PARA MOMENTOS NEGATIVOS EN VIGAS = 12

VECES DIAMETRO DE LA BARRA  
SECCION 12.16.1 TRASLAPE EN COLUMNAS NO MENOR DE 0.30m.

**GANCHOS SISMICOS**

CAPITULO 21.1  
DOBLEZ NO MENOS DE 60°  
GANCHOS CON EXTENSION DE 12 VECES EL DIAMETRO DE LA BARRA (PERO NO MENOR DE 0.075m).



**SECCION LONGITUDINAL**

VIGA 1 SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/75

**DISEÑO DE VIGAS**

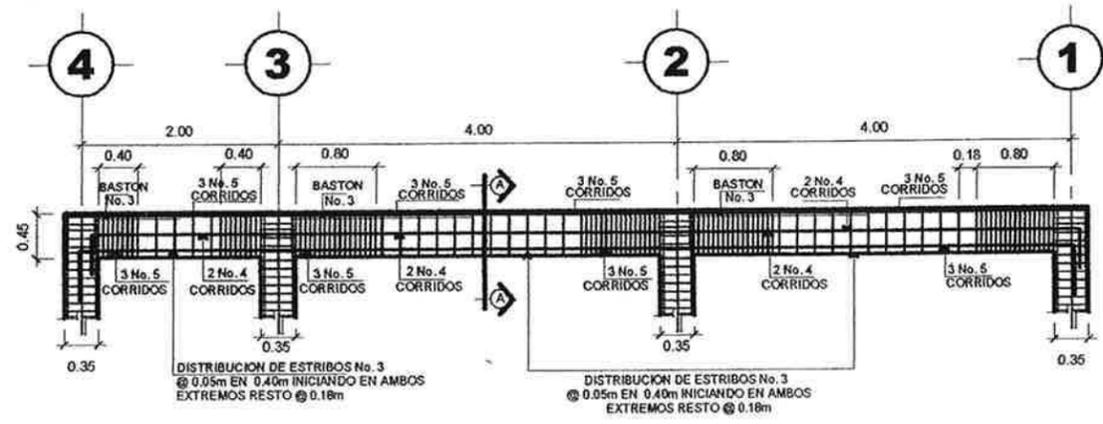
CAPITULO 10, SECCIONES 10.4 Y 10.5  
CAPITULO 12.15.1 EMPALMES  
LA LONGITUD MINIMA DE TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR DE 0.30 m.  
SECCION 12.15.2 LA MITAD O MENOS DE LA ARMADURA TOTAL ESTA TRASLAPADA DENTRO DE LA LONGITUD DE TRASLAPE REQUERIDO.  
SE HARAN TRASLAPES DE 0.45 m, SE COLOCARAN DEJANDO LIBRE LA LUZ MEDIDO DEL ROSTRO DE LA COLUMNA EN AMBOS LADOS DE LA COLUMNA.

**LONGITUD DE TRASLAPE (ft)**

$f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$

| BARRA | VIGAS Y LOSAS | COLUMNAS | SOLERAS |
|-------|---------------|----------|---------|
| No. 4 | 0.37          | 0.50     | 0.70    |
| 5     | 0.46          | 0.65     | 0.85    |
| 6     | 0.56          | 0.80     | 1.10    |
| 7     | 0.65          | 1.27     | 0.91    |
| 8     | 1.24          | 1.62     | 1.15    |
| 9     | 1.57          | 2.05     | 1.46    |
| 10    | 1.96          | 2.60     | 1.85    |

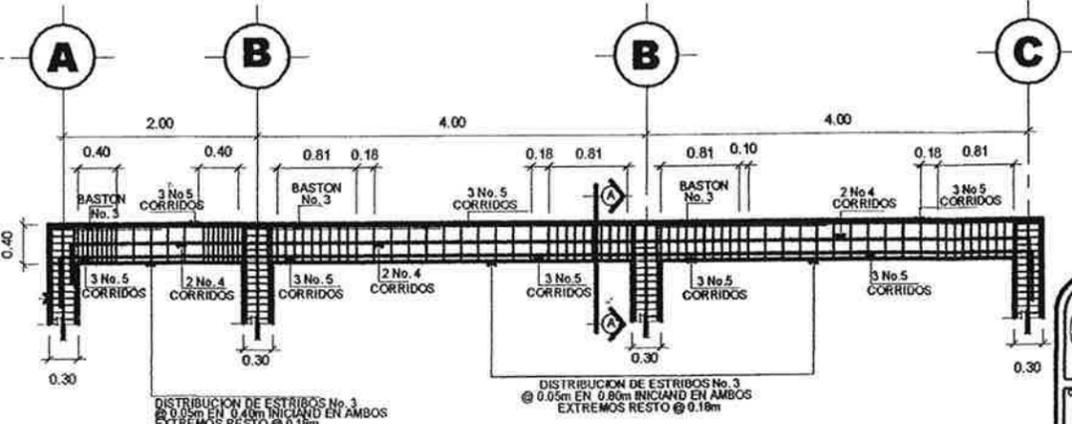
- EMPALMAN 50% DE VARILLAS O MENOS
- EMPALMAN MAS DE 50% DE LAS VARILLAS
- ESTA TABLA ES SOLO PARA GUA
- LOS REQUISITOS QUE REGULAN SON LOS DE cap 3 Y 4-ACI 318 ULTIMA VERSION



**SECCION TRANSVERSAL**

VIGA 1 PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75



**SECCION TRANSVERSAL**

VIGA 1 SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION  
UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ MARANJO, SANTA ROSA

**DETALLES DE VIGAS**

ELABORADO: CARLOS NAVARRA MONTERROSO  
FECHA: 2008-18917  
HORA: 12 / 15

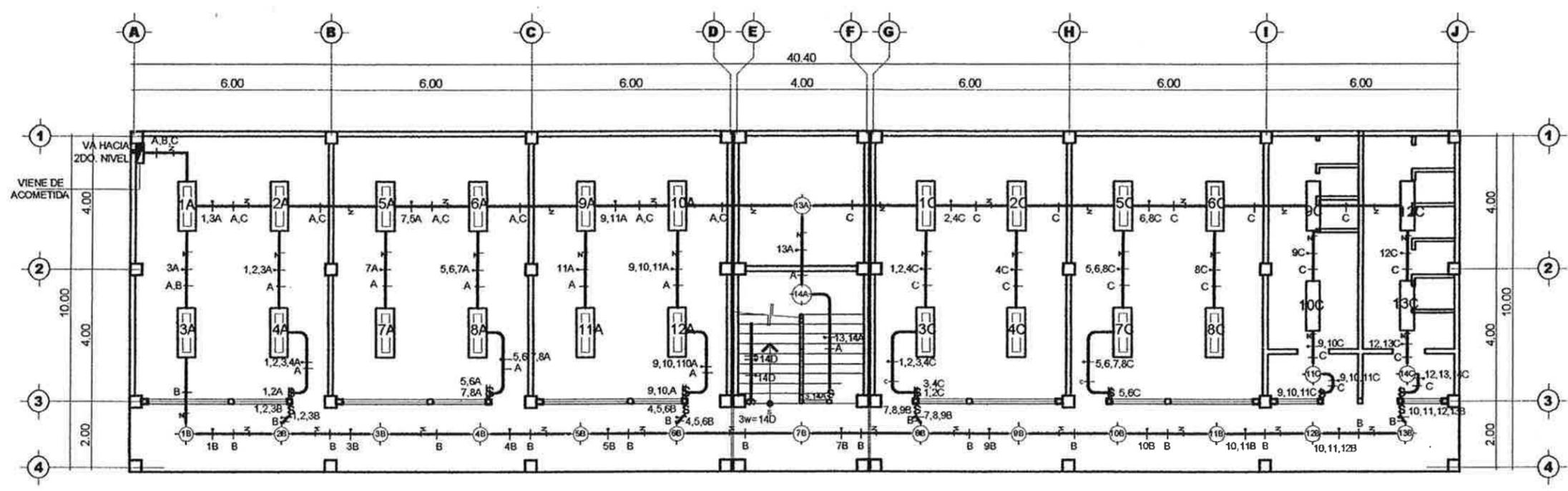
REVISADO: CARLOS NAVARRA MONTERROSO  
FECHA: 2008-18917  
HORA: 12 / 15

APROBADO: CARLOS NAVARRA MONTERROSO  
FECHA: 2008-18917  
HORA: 12 / 15

ASESOR(A)-SUPERVISOR: CARLOS NAVARRA MONTERROSO  
FECHA: 2008-18917  
HORA: 12 / 15

FECHA: 2008-18917  
HORA: 12 / 15

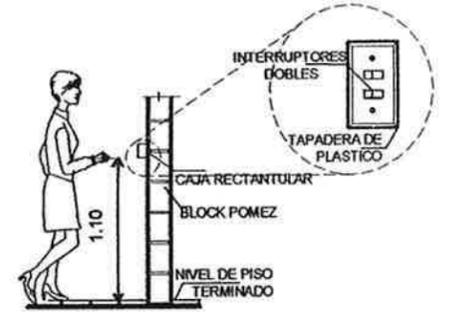




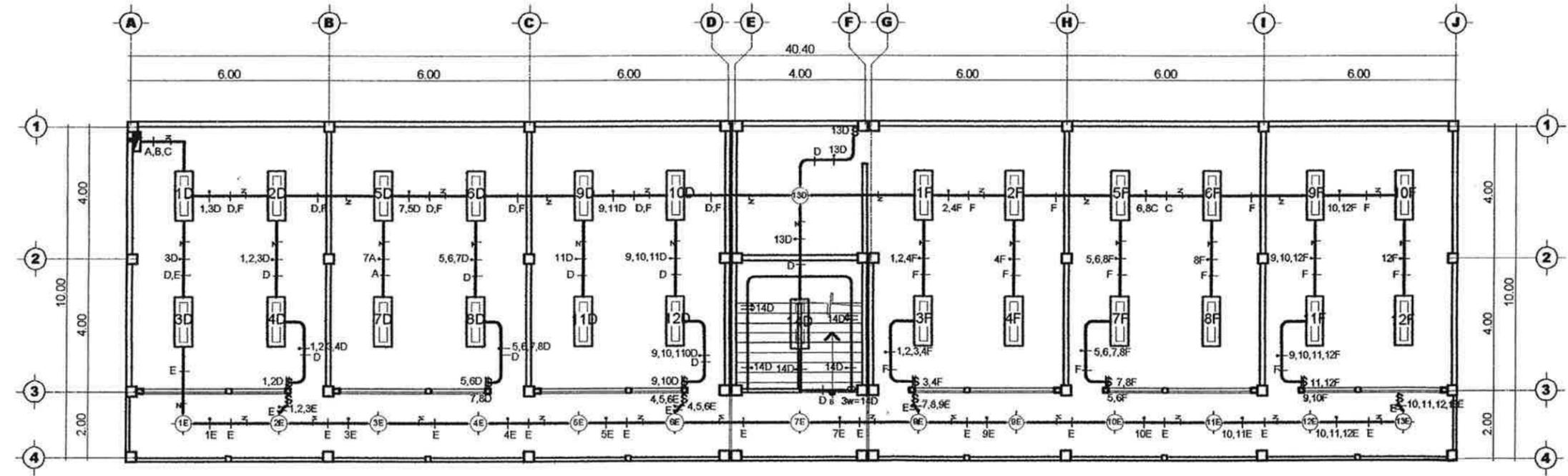
**PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION) PRIMER NIVEL**  
PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

ESCALA: 1/160

| NOMENCLATURA ILUMINACION |   |                    |
|--------------------------|---|--------------------|
| SIMBOLO                  | DESCRIPCION   | LOCALIZACION       |
|                          | TABLERO DE DISTRIBUCION   | + 1.70 m. S.N.P.T. |
|                          | SALEDA PARA LAMPARA 1 x 40 w<br>1 = 1da. UNIDAD, A = CIRCUITO<br>(TIPO DE 45° LUZ FLUORESCENTE) | CIELO              |
|                          | SALEDA PARA LAMPARA 2 x 40 w<br>1 = 1da. UNIDAD, A = CIRCUITO<br>(TIPO DE 45° LUZ FLUORESCENTE) | TECHO (GRADAS)     |
|                          | SALEDA PARA LAMPARA 1 x 40 w<br>1 = 1da. UNIDAD, C = CIRCUITO<br>(TIPO DE 45° LUZ FLUORESCENTE) | CIELO              |
|                          | PLAFONERA CON LAMPARA DE BOMBILLO<br>AHORRADOR<br>1 = 1da. UNIDAD, D = CIRCUITO                 | CIELO              |
|                          | INTERRUPTOR SIMPLE  | + 1.20 m. S.N.P.T. |
|                          | INTERRUPTOR DOBLE   | + 1.20 m. S.N.P.T. |
|                          | POLIDUCTO PARA CIRCUITO   | CIELO              |
|                          | CONDUCTOR LINEA ACTIVA  | POLIDUCTO          |
|                          | CONDUCTOR NEUTRO  | POLIDUCTO          |
|                          | CONDUCTOR RETORNO   | POLIDUCTO          |

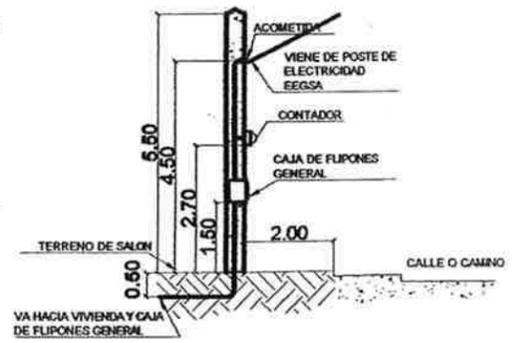


DETALLE DE INTERRUPTOR DE LUMINARIAS  
SIN ESCALA



**PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION) SEGUNDO NIVEL**  
SEGUNDO NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO)

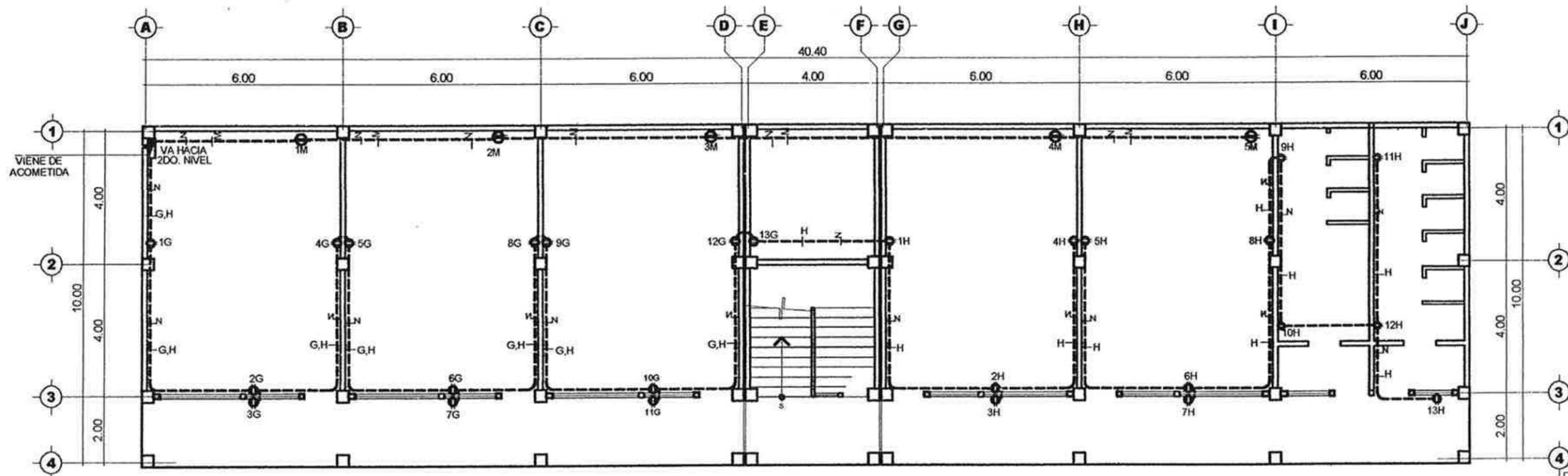
ESCALA: 1/160



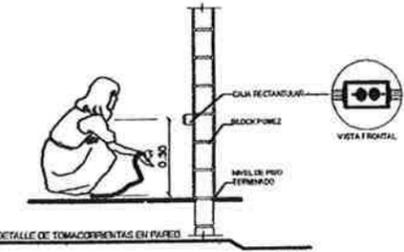
DETALLE DE CONTADOR ELECTRICO  
SIN ESCALA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Escuela de Ingeniería

|   |   |  |
|---|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |   |  |
| CENTRO DE CAPACITACION<br>MUNICIPIO DE SANTA CRUZ TARRANJO, SANTA ROSA                                |   |  |
| PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION)   |   |  |
| PROFESOR<br>INGENIERO CARLOS IVARRA VERA M.   | ALUMNO<br>INGENIERO CARLOS IVARRA VERA M. |  |
| PROFESOR<br>INGENIERO CARLOS IVARRA VERA M.   | ALUMNO<br>INGENIERO CARLOS IVARRA VERA M. |  |
| FECHA<br>2008-18917   | PAGINA<br>13 / 15                         |  |

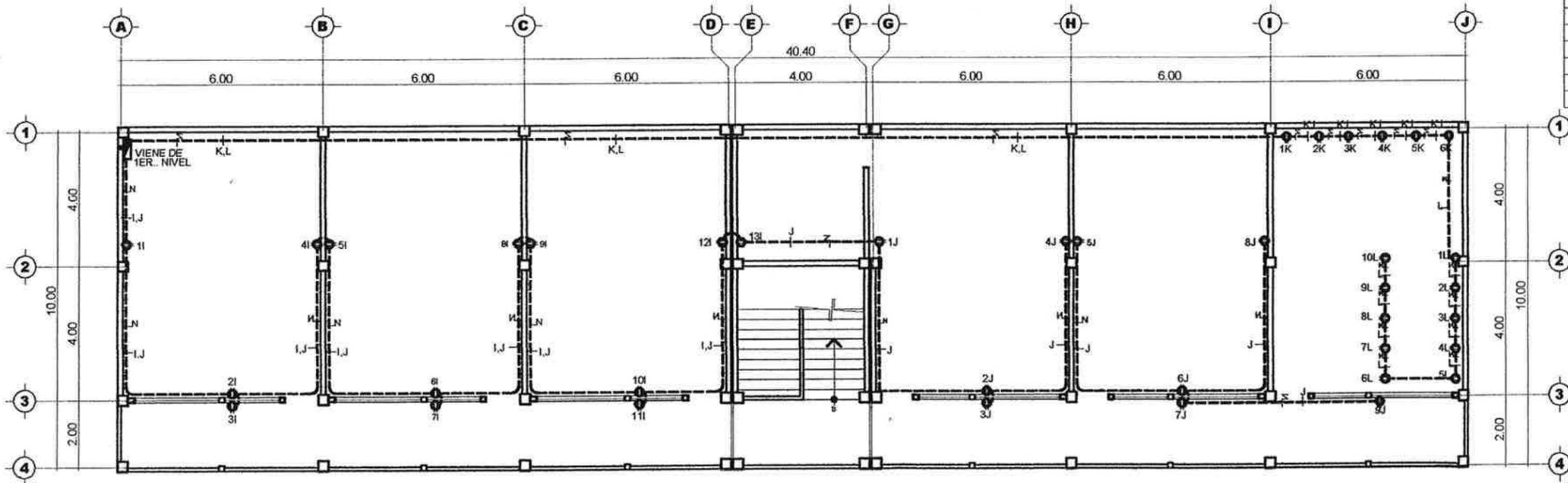


| NOMENCLATURA FUERZA |  |                    |
|---------------------|--|--------------------|
| SÍMBOLO             | DESCRIPCIÓN  | LOCALIZACIÓN       |
|                     | TABLERO DE DISTRIBUCIÓN  | + 1.78 m. S.N.P.T. |
|                     | POLIDUCTO EMBUTIDO EN PISO Y/O PARED                                   | PISO/PARED         |
|                     | CONDUCTOR LINEA ACTIVA   | POLIDUCTO          |
|                     | CONDUCTOR NEUTRO   | POLIDUCTO          |
|                     | TOMACORRIENTE 110 V.<br>θ = No. UNIDAD, L = CIRCUITO                   | 0.30 m. S.N.P.T.   |
|                     | TOMACORRIENTE 240 V. (altura indicada)<br>S = No. UNIDAD, M = CIRCUITO | 1.10 m. S.N.P.T.   |



**PLANTA INSTALACION ELECTRICA (FUERZA) PRIMER NIVEL**  
PRIMER NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO) ESCALA: 1/160

| Circuito | Tomacorrientes |       | Lámparas |          | Total P(φφ) | Seguridad 1.25 x I | Calibre del cable (AWG) | Protección #pon (A) |
|----------|----------------|-------|----------|----------|-------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
|          | 240 V          | 120 V | 100 W    | 2 X 40 W |             |                    |                         |                     |
| A        | 0              | 0     | 2        | 12       | 1100        | 10                 | 12.50                   | 2#12 1X15           |
| B        | 0              | 0     | 13       | 0        | 1300        | 11                 | 13.75                   | 2#10 1X15           |
| C        | 0              | 0     | 2        | 12       | 1100        | 10                 | 12.50                   | 2#12 1X15           |
| D        | 0              | 0     | 1        | 13       | 1140        | 10                 | 12.50                   | 2#12 1X15           |
| E        | 0              | 0     | 13       | 0        | 1300        | 11                 | 13.75                   | 2#10 1X15           |
| F        | 0              | 0     | 0        | 12       | 900         | 8                  | 10.00                   | 2#12 1X15           |
| G        | 0              | 13    | 1500     | 0        | 1500        | 13                 | 16.25                   | 3#10 1X20           |
| H        | 0              | 13    | 1440     | 0        | 1440        | 13                 | 16.25                   | 3#10 1X20           |
| I        | 0              | 13    | 1500     | 0        | 1500        | 13                 | 16.25                   | 3#10 1X20           |
| J        | 0              | 9     | 1080     | 0        | 1080        | 9                  | 11.25                   | 3#12 1X20           |
| K        | 0              | 6     | 720      | 0        | 720         | 6                  | 7.50                    | 3#12 1X20           |
| L        | 0              | 10    | 1200     | 0        | 1200        | 10                 | 12.50                   | 3#10 1X20           |
| M        | 5              | 0     | 5000     | 0        | 5000        | 21                 | 28.00                   | 4#8 1X50            |

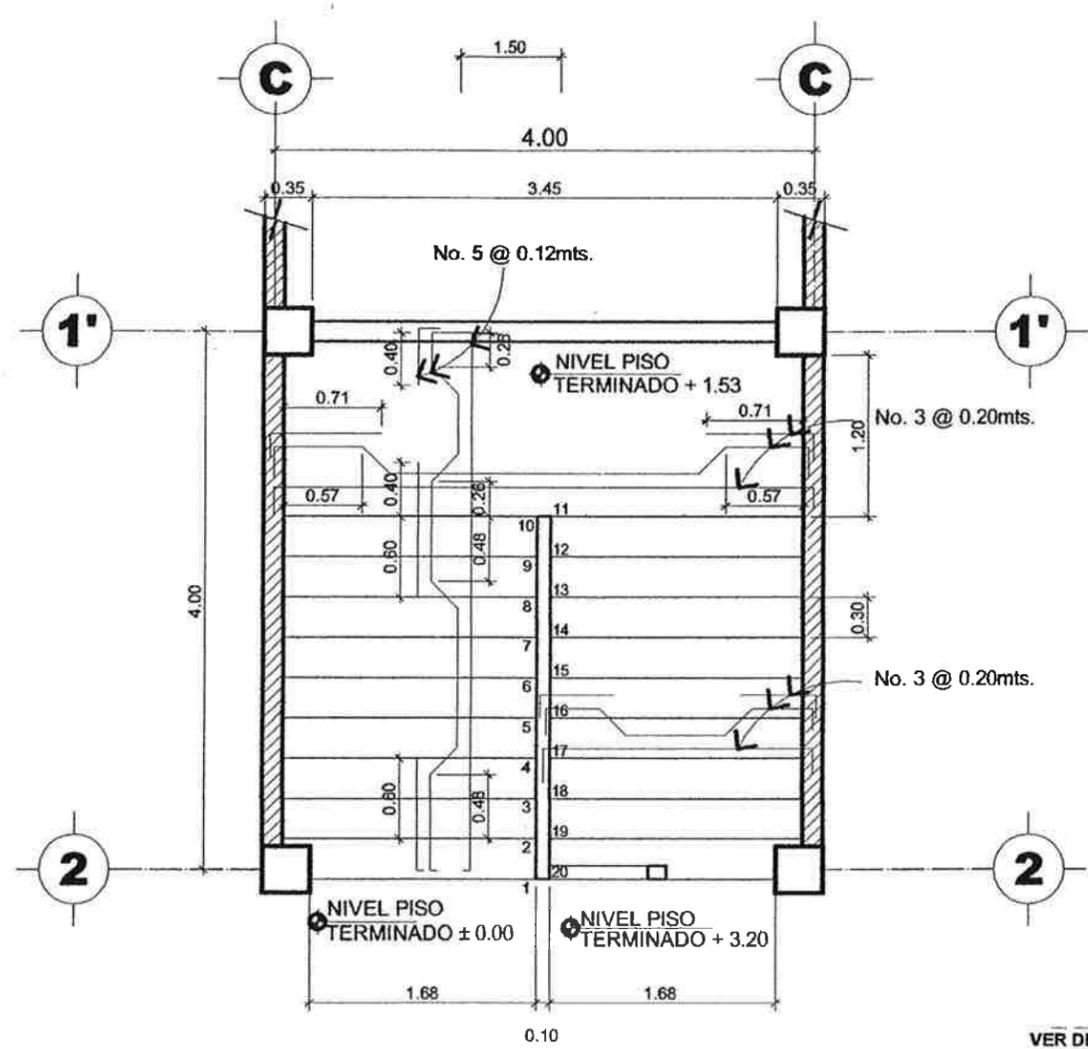


**PLANTA INSTALACION ELECTRICA (FUERZA) SEGUNDO NIVEL**  
SEGUNDO NIVEL (SANTA CRUZ NARANJO) ESCALA: 1/160

- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**
- Color para alambiar:  
Positivo = Rojo  
Negativo = Blanco  
Retorno = Amarillo  
Verda = Tierra
- Tubería de acometida HG Ø 1-1/2", long. U4m. + codo 1-1/2" 90° + accesorios de entrada.
  - Toda la tubería de iluminación será PVC eléctrico de 3/4".
  - El calibre de los conductores será THW No. 12 AWG.
  - Toda la tubería de fuerza será poliducto de 3/4".
  - Tomacorrientes Británico con placa de metal.
  - No colocar cajas de PVC para tomacorrientes.
  - La tubería eléctrica deberá quedar fuera de las columnas.
- NOTA:**  
EL DISEÑO DEL CIRCUITO FUERZA ESTA DISEÑADO PARA APARATOS DE OFICINA LOS CUALES NO EXCEDEN LA CAPACIDAD DEL DISEÑO, LA IMPLEMENTACION DE AIRE ACONDICIONADO O CUALQUIER OTRO APARATO REQUIERE UN DISEÑO DIFERENTE.

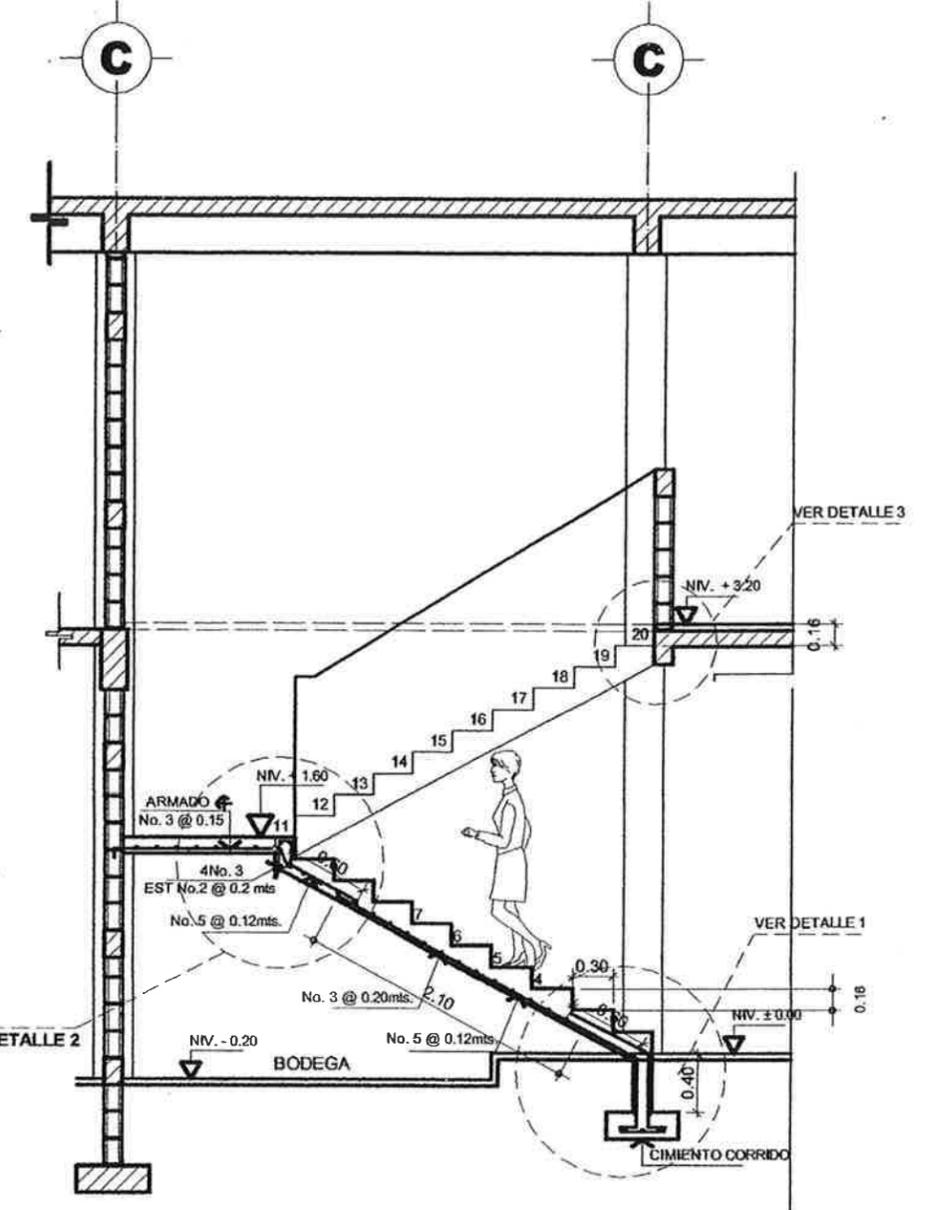
Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Escuela de Ingeniería

|   |                   |               |
|---|-------------------|---------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO |                   |               |
| PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION<br>UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA            |                   |               |
| CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (FUERZA)   |                   |               |
| DISEÑADO POR: CARLOS VÁN HERRERA MONTENEGRO   | FECHA: 2008-10-17 | HOJA: 14 / 15 |
| <br>Ing. MANUEL ALFREDO ARVILA GARCIA<br>ASesor EPS   |                   |               |



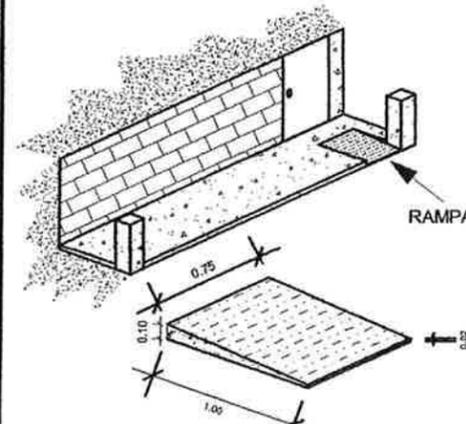
**PLANTA DE GRADAS**

GRADAS SIN ESCALA



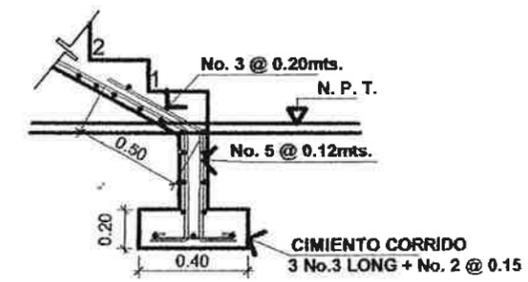
**ELEVACIÓN DE GRADAS**

GRADAS SIN ESCALA



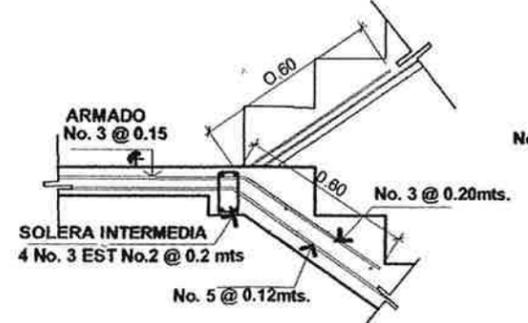
**DETALLE DE RAMPA**

SIN ESCALA



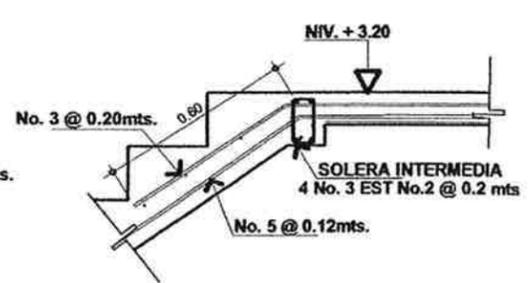
**DETALLE 1**

CIMENTO CORRIDO SIN ESCALA



**DETALLE 2**

SIN ESCALA



**DETALLE 3**

SIN ESCALA

**CONTROL DEL CONCRETO**

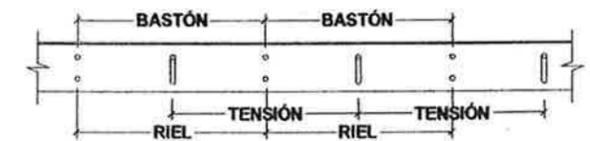
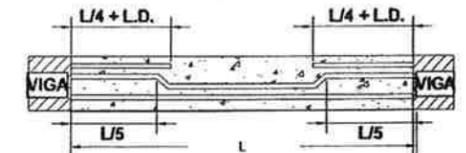
VALORES DE LOS ASENTAMIENTOS:  
SE VERIFICARA LA CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO MEDIANTE ENSAYOS DE ASENTAMIENTO, POR EL METODO DE CONO DE ABRAHMS CON LA SIGUIENTE FRESCURA COMO MINIMO:

- AL INICIAR LAS OPERACIONES DE FUNDICION
- 1 VEZ DURANTE EL DIA
- CADA VEZ QUE SE MOLDEEN PROBETAS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA

EL CONCRETO COMPACTADO CON VIBRACION INTERNA DE ALTA FRECUENCIA, VIBRADO O APISONADO, TENDRA UN ASENTAMIENTO MAXIMO DE 4" O 10cm

- FRECUENCIA DE HECHURA DE PROBETAS Y ENSAYOS:
- A.- LAS PROBETAS DE CONCRETO DEBEN SER EJECUTADAS DE ACUERDO A LA NORMA ASTM APLICABLE. DEBERAN CONFECCIONARSE UN MINIMO DE 5 PROBETAS POR CADA DIA DE FUNDICION Y POR CADA TIPO DE CONCRETO
  - B.- 2 PROBETAS SERAN ENSAYADAS A LOS 7 DIAS, 2 A LOS 14 DIAS, 2 A LOS 21 DIAS Y 2 A LOS 28 DIAS CUANDO ALCAZARA SU RESISTENCIA MAXIMA.

L.D.=LONGITUD DE DESARROLLO (VER TABLAS SEGUN DIAMETRO)



ELEVACIÓN

**DETALLE ARMADO DE LOSA**

SIN ESCALA

**LONGITUD DE DESARROLLO (CM)**

| BARRA NO. | LDH <sup>1</sup> | 2.5 x LDH <sup>2</sup> | 3.5 x LDH <sup>3</sup> |
|-----------|------------------|------------------------|------------------------|
| 3         | 11               | 27                     | 38                     |
| 4         | 14               | 36                     | 50                     |
| 5         | 18               | 45                     | 63                     |
| 6         | 22               | 54                     | 75                     |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: CENTRO DE CALIFICACION  
UBICACION: MUNICIPIO DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA

CONTENIDO: DETALLAS DE GRADA + ESPECIFICACIONES

EXEQUENTE: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO  
DISEÑADOR: CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO  
FECHA: 15 / 15

ASISTENTE: MANUEL ALFREDO ADOVALLAGA OCHUETA  
ASESOR(EPS): CARLOS IVÁN HERRERA MONTERROSO

ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

