



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

**DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA
EL MUNICIPIO DE RETALHULEU Y DEL INSTITUTO MIXTO BÁSICO POR COOPERATIVA
PARA EL CASERÍO VAQUILITO, MUNICIPIO DE RETALHULEU, RETALHULEU**

Adriana María Martínez Campos

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA
EL MUNICIPIO DE RETALHULEU Y DEL INSTITUTO MIXTO BÁSICO POR COOPERATIVA
PARA EL CASERÍO VAQUILITO, MUNICIPIO DE RETALHULEU, RETALHULEU**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ADRIANA MARÍA MARTÍNEZ CAMPOS
ASESORADA POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE 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. Ángel Roberto Sic García |
| 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 DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE RETALHULEU Y DEL INSTITUTO MIXTO BÁSICO POR COOPERATIVA PARA EL CASERÍO VAQUILITO, MUNICIPIO DE RETALHULEU, RETALHULEU

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de marzo de 2009.



Adriana María Martínez Campos



Guatemala, 28 de marzo de 2012
Ref.EPS.DOC.556.03.12

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Adriana María Martínez Campos** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200130108**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE RETALHULEU Y DEL INSTITUTO MIXTO BÁSICO POR COOPERATIVA PARA EL CASERÍO VAQUILITO, MUNICIPIO DE RETALHULEU, RETALHULEU”**.

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. Angel Roberto Sic García
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
ARSG/ra



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



Guatemala,
18 de mayo de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE RETALHULEU Y DEL INSTITUTO MIXTO BÁSICO POR COOPERATIVA PARA EL CASERÍO VAQUILITO, MUNICIPIO DE RETALHULEU, RETALHULEU, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Adriana María Martínez Campos, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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 ENSEÑADA TODOS



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

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

/bbdeb.



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



Guatemala,
1 de agosto de 2012

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 DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE RETALHULEU Y DEL INSTITUTO MIXTO BASICO POR COOPERATIVA PARA EL CASERIO VAQUILITO, MUNICIPIO DE RETALHULEU, RETALHULEU**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Adriana María Martínez Campos, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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 INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 24 de agosto de 2012.
Ref.EPS.D.696.08.12

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

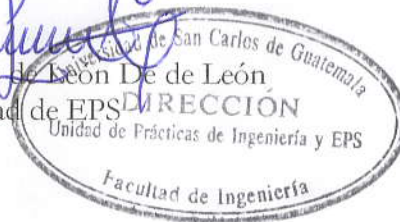
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE RETALHULEU Y DEL INSTITUTO MIXTO BÁSICO POR COOPERATIVA PARA EL CASERÍO VAQUILITO, MUNICIPIO DE RETALHULEU, RETALHULEU"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Adriana María Martínez Campos**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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"

Inga. Sigrid Alitza 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. Ángel Roberto Sic García y del Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Merck Cos, al trabajo de graduación de la estudiante Adriana María Martínez Campos, titulado DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE RETALHULEU Y DEL INSTITUTO MIXTO BÁSICO POR COOPERATIVA PARA EL CASERÍO VAQUILITO, MUNICIPIO DE RETALHULEU, RETALHULEU, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 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 DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL MUNICIPIO DE RETALHULEU Y DEL INSTITUTO MIXTO BÁSICO POR COOPERATIVA PARA EL CASERIO VAQUILITO, MUNICIPIO DE RETALHULEU, RETALHULEU**, presentado por la estudiante universitaria: **Adriana María Martínez Campos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, octubre de 2013



ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|---------------------|---|
| Mi Dios | Por ser fuente de sabiduría y verdad a Él sea el poder, el honor y la gloria por siempre. |
| Mis padres | Aracely Campos Valiente y Edgar Martínez Barrios, gracias a ellos he logrado alcanzar este éxito más en mi vida, les honro con todo mi corazón. |
| Mi esposo | Jorge Aurelio Véliz Arévalo, por su amor y apoyo incondicional. |
| Mis hijos | Laura, Mariandrea y Gabriel, por ser tres ángeles en mi vida. |
| Mis hermanas | Susana, Lissy, Dina y Vivian, por su ayuda brindada en todo momento. |
| Mis suegros | Violeta Arévalo Mejía y Jorge Aurelio Véliz Martínez, por su motivación y consejos. |
| Retalhuleu | Tierra que me vio nacer y hoy me ve alcanzar este triunfo. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | VII |
| LISTA DE SÍMBOLOS | XI |
| GLOSARIO | XIII |
| RESUMEN..... | XIX |
| OBJETIVOS..... | XXI |
| INTRODUCCIÓN..... | XXIII |
| | |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN..... | 1 |
| 1.1. Monografía del municipio de Retalhuleu..... | 1 |
| 1.1.1. Límites y localización..... | 1 |
| 1.1.2. Accesos y comunicaciones..... | 2 |
| 1.1.3. Topografía | 3 |
| 1.1.4. Aspectos climáticos | 3 |
| 1.1.5. Servicios públicos | 4 |
| 1.1.6. Actividades económicas | 4 |
| 1.1.7. Población..... | 5 |
| 1.2. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de Retalhuleu..... | 5 |
| 1.2.1. Descripción de necesidades | 5 |
| 1.2.2. Priorización de necesidades | 6 |
| | |
| 2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL | 7 |
| 2.1. Diseño de la ampliación del sistema de conducción de agua potable del municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu | 7 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.1.1. | Descripción del sistema actual | 7 |
| 2.1.1.1. | Captación | 8 |
| 2.1.1.2. | Bocatoma | 9 |
| 2.1.1.3. | Canal de la Bocatoma | 10 |
| 2.1.1.4. | Presa | 10 |
| 2.1.1.5. | Desarenadores..... | 10 |
| 2.1.1.6. | Proceso de tratamiento | 11 |
| 2.1.2. | Descripción del proyecto | 14 |
| 2.1.2.1. | Visita preliminar | 15 |
| 2.1.3. | Fuentes de agua | 15 |
| 2.1.3.1. | Aforo de la fuente | 16 |
| 2.1.4. | Exámenes del agua..... | 17 |
| 2.1.4.1. | Examen bacteriológico | 18 |
| 2.1.4.2. | Examen físico..... | 20 |
| 2.1.4.3. | Análisis químico | 21 |
| 2.1.5. | Levantamiento topográfico | 22 |
| 2.1.6. | Bases del diseño hidráulico de los elementos de conducción | 22 |
| 2.1.6.1. | Período de diseño | 23 |
| 2.1.6.2. | Censo de población..... | 23 |
| 2.1.6.3. | Población futura | 24 |
| 2.1.6.4. | Método de incremento geométrico | 24 |
| 2.1.6.5. | Dotación | 26 |
| 2.1.7. | Caudales | 27 |
| 2.1.7.1. | Caudal medio diario | 27 |
| 2.1.7.2. | Caudal máximo diario..... | 28 |
| 2.1.7.3. | Caudal máximo horario | 28 |
| 2.1.8. | Diseño hidráulico de los componentes | 29 |
| 2.1.8.1. | Coefficientes y diámetros de tubería | 30 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 2.1.8.2. | Diseño de captación | 30 |
| 2.1.8.3. | Canal de la bocatoma | 31 |
| 2.1.8.4. | Clases de tuberías..... | 32 |
| 2.1.8.5. | Velocidades y presiones..... | 32 |
| 2.1.8.6. | Diseño de la línea de conducción | 33 |
| 2.1.8.7. | Válvulas | 38 |
| 2.1.9. | Elaboración de planos | 39 |
| 2.1.10. | Elaboración de presupuesto | 40 |
| 2.1.11. | Cronograma de ejecución..... | 42 |
| 2.1.12. | Programa de operación y mantenimiento | 43 |
| 2.1.12.1. | Importancia de la operación del sistema | 44 |
| 2.1.12.2. | Importancia del mantenimiento del sistema | 44 |
| 2.1.12.3. | Estudio tarifario..... | 45 |
| 2.1.12.4. | Programa de mantenimiento..... | 47 |
| 2.1.13. | Evaluación de impacto ambiental | 53 |
| 2.1.13.1. | Instrumentos de la evaluación de impacto ambiental..... | 54 |
| 2.1.14. | Evaluación socioeconómica..... | 56 |
| 2.1.14.1. | Valor Presente Neto (VPN)..... | 56 |
| 2.1.14.2. | Tasa Interna de Retorno (TIR)..... | 58 |
| 2.2. | Diseño del Instituto Mixto Básico por Cooperativa para el caserío Vaquilito del municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu | 60 |
| 2.2.1. | Descripción del proyecto | 60 |
| 2.2.1.1. | Visita preliminar | 61 |
| 2.2.1.2. | Normas de diseño de edificios educativos..... | 61 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 2.2.1.3. | Distribución arquitectónica | 65 |
| 2.2.2. | Levantamiento topográfico | 67 |
| 2.2.3. | Cargas..... | 67 |
| 2.2.3.1. | Carga viva | 67 |
| 2.2.3.2. | Carga muerta | 68 |
| 2.2.3.3. | Carga de sismo | 68 |
| 2.2.4. | Estudio de suelos | 69 |
| 2.2.4.1. | Descripción del procedimiento | 69 |
| 2.2.4.2. | Prueba triaxial | 69 |
| 2.2.4.3. | Valor soporte del suelo..... | 70 |
| 2.2.5. | Análisis estructural | 72 |
| 2.2.5.1. | Predimensionamiento estructural | 72 |
| 2.2.5.2. | Modelos matemáticos de marcos rígidos..... | 77 |
| 2.2.5.3. | Cargas aplicadas a los marcos rígidos..... | 79 |
| 2.2.5.4. | Análisis estructural por el método de Kani | 101 |
| 2.2.6. | Diseño estructural | 143 |
| 2.2.6.1. | Diseño de losas..... | 144 |
| 2.2.6.2. | Diseño de vigas..... | 156 |
| 2.2.6.3. | Diseño de columnas..... | 163 |
| 2.2.6.4. | Diseño de cimientos | 176 |
| 2.2.6.5. | Diseño de gradas | 185 |
| 2.2.6.6. | Diseño de instalaciones..... | 189 |
| 2.2.7. | Elaboración de planos..... | 193 |
| 2.2.8. | Elaboración de presupuesto..... | 194 |
| 2.2.9. | Cronograma de ejecución | 196 |
| 2.2.10. | Evaluación de impacto ambiental..... | 198 |

| | |
|-----------------------|-----|
| CONCLUSIONES | 203 |
| RECOMENDACIONES | 205 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 207 |
| ANEXOS..... | 209 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Localización del departamento de Retalhuleu..... | 2 |
| 2. | Croquis del sistema actual de conducción de agua potable..... | 8 |
| 3. | Sección transversal de la toma | 9 |
| 4. | Batería de filtros rápidos a presión No. 1 | 13 |
| 5. | Batería de filtros rápidos a presión No. 2 | 14 |
| 6. | Aforo por flotador | 17 |
| 7. | Gráfica del crecimiento poblacional del departamento de Retalhuleu.. | 24 |
| 8. | Canal abierto..... | 32 |
| 9. | Diagrama de flujo del proyecto de conducción de agua potable | 57 |
| 10. | Diagrama simplificado de flujo del proyecto de agua potable | 58 |
| 11. | Edificio escolar con sus dos módulos..... | 65 |
| 12. | Distribución arquitectónica del segundo nivel | 66 |
| 13. | Distribución arquitectónica del primer nivel | 66 |
| 14. | Distribución de losas del módulo uno..... | 75 |
| 15. | Distribución de losas del módulo dos | 76 |
| 16. | Modelo matemático de la estructura módulo 1, eje 4, sentido X | 77 |
| 17. | Modelo matemático de la estructura módulo 1, eje B, sentido Y..... | 78 |
| 18. | Modelo matemático de la estructura módulo 2, eje 8, sentido X | 78 |
| 19. | Modelo matemático de la estructura módulo 2, eje D, sentido Y | 79 |
| 20. | Área tributaria en columna crítica, módulo 1-1er nivel | 80 |
| 21. | Área tributaria en vigas de los marcos críticos, módulo 1-2do nivel..... | 81 |
| 22. | Marco típico unido con nudos rígidos módulo 1-sentido X..... | 84 |
| 23. | Marco típico unido con nudos rígidos módulo 1-sentido Y | 85 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 24. | Marco típico con sus elementos estructurales | 86 |
| 25. | Distancias de los marcos con respecto al eje de referencia | 93 |
| 26. | Módulo 1 dividido en figuras componentes | 98 |
| 27. | Excentricidades en X y Y del módulo 1..... | 100 |
| 28. | Diagrama de momentos (Kg-m) carga muerta-sentido Y-módulo 1.... | 124 |
| 29. | Diagrama de momentos (Kg-m) carga viva-sentido Y-módulo 1 | 124 |
| 30. | Diagrama de momentos (Kg-m) fuerza de sismo-sentido Y | 125 |
| 31. | Diagrama de momentos (Kg-m)-carga muerta-sentido X, módulo 1... | 126 |
| 32. | Diagrama de momentos (Kg-m)-carga viva-sentido X, módulo 1..... | 127 |
| 33. | Diagrama de momentos (Kg-m)-fuerza de sismo-sentido X | 128 |
| 34. | Modelo matemático en vigas | 135 |
| 35. | Análisis de viga CF | 136 |
| 36. | Análisis de viga FI..... | 136 |
| 37. | Análisis de viga IL | 137 |
| 38. | Análisis de viga BE | 137 |
| 39. | Análisis de viga EH | 138 |
| 40. | Análisis de viga HK..... | 138 |
| 41. | Diagrama de envolvente de momentos últimos (Kg-m), marco B sentido Y - módulo 1, edificio escolar aldea Vaquilito | 139 |
| 42. | Diagrama de cortes últimos (Kg), marco B-sentido Y-módulo 1, edificio escolar aldea Vaquilito..... | 140 |
| 43. | Diagrama de envolvente de momentos últimos (Kg-m), marco 4- sentido X-módulo 1, edificio escolar aldea Vaquilito | 141 |
| 44. | Diagrama de cortes últimos, marco 4 - sentido X - módulo 1 | 142 |
| 45. | Losas del módulo uno, edificio escolar Vaquilito..... | 146 |
| 46. | Planta de momentos en losa típica módulo 1-nivel 1 | 148 |
| 47. | Fórmula para balanceo de momentos | 149 |
| 48. | Planta de momentos balanceados en losa típica-nivel 1 | 150 |
| 49. | Planta de momentos finales en losa típica-nivel 2 | 155 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 50. | Diagrama de momentos y cortes últimos de la viga tipo 1 | 156 |
| 51. | Secciones transversales de viga tipo 1 | 161 |
| 52. | Desplante de zapata del edificio escolar aldea Vaquilito | 176 |
| 53. | Corte simple en zapata concéntrica | 180 |
| 54. | Corte punzonante de una zapata concéntrica..... | 182 |
| 55. | Detalle final de zapata colindante tipo 1..... | 185 |
| 56. | Representación de las gradas y sus dimensiones | 187 |
| 57. | Sección de gradas | 188 |
| 58. | Diagrama unifilar del diseño eléctrico | 192 |
| 59. | Detalle de tierra física | 192 |

TABLAS

| | | |
|-------|--|-----|
| I. | Crecimiento poblacional del departamento de Retalhuleu | 23 |
| II. | Dotaciones por habitante por día | 26 |
| III. | Presupuesto del sistema de conducción..... | 41 |
| IV. | Cronograma de ejecución | 42 |
| V. | Programa de mantenimiento..... | 49 |
| VI. | Riesgos ambientales según categorías del CIU | 55 |
| VII. | Espesor de losas módulo uno | 75 |
| VIII. | Cargas lineales muerta y viva para el módulo 1 | 83 |
| IX. | Fuerza por marco en cada nivel..... | 92 |
| X. | Centro de rigidez en dirección X, módulo 1-segundo nivel | 95 |
| XI. | Centro de rigidez en dirección Y, módulo 1-segundo nivel | 95 |
| XII. | Centro de rigidez en dirección X, módulo 1-primer nivel..... | 96 |
| XIII. | Centro de rigidez en dirección Y, módulo 1-primer nivel..... | 96 |
| XIV. | Áreas de las figuras componentes del módulo 1 | 99 |
| XV. | Fuerza por marco en nivel uno, sentido X, sentido Y..... | 100 |
| XVI. | Fuerza por marco en nivel dos, sentido X, sentido Y | 101 |

| | | |
|---------|--|-----|
| XVII. | Momentos fijos de la carga muerta eje B, sentido Y, módulo 1 | 105 |
| XVIII. | Envolvente de momentos en columnas sentido X | 129 |
| XIX. | Envolvente de momentos en vigas sentido X | 130 |
| XX. | Envolvente de momentos en columnas sentido Y | 131 |
| XXI. | Envolvente de momentos en vigas sentido Y | 132 |
| XXII. | Cargas últimas en vigas, sentido X..... | 134 |
| XXIII. | Momentos positivos en vigas, sentido X..... | 135 |
| XXIV. | Áreas de acero requeridas en losa típica nivel 1 | 154 |
| XXV. | Áreas de acero requeridas en losa típica nivel 2 | 156 |
| XXVI. | Resultados del área de acero para viga tipo 1 | 158 |
| XXVII. | Resultados de armado de vigas sentido X y Y, 1er y 2do nivel | 162 |
| XXVIII. | Resultados finales de columnas | 175 |
| XXIX. | Memoria de cálculo del diseño eléctrico | 193 |
| XXX. | Presupuesto del Instituto Mixto Vaquilito | 195 |
| XXXI. | Cronograma de ejecución del Instituto Vaquilito..... | 197 |
| XXXII. | Medios afectados según la fase del proyecto..... | 199 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-------------------------|--|
| A | Área de sección transversal |
| Ag | Área gruesa |
| As | Área de acero |
| AS_{min} | Área de acero mínima |
| AS_{máx} | Área de acero máxima |
| Az | Área de zapata |
| Hi | Altura de cada nivel |
| B | Base de la zapata |
| b | Base del elemento estructural |
| C | Coefficiente de rugosidad |
| CM | Carga muerta |
| CV | Carga viva |
| CIU | Código Internacional Industrial Uniforme |
| Q | Caudal |
| Q_m | Caudal medio diario |
| Q_{md} | Caudal máximo diario |
| Q_{mH} | Caudal máximo horario |
| Ø | Diámetro |
| Dot | Dotación |
| fy | Esfuerzo de fluencia del acero |
| FCU | Factor de carga última |
| FDM | Factor de día máximo |
| FHM | Factor de hora máxima |

| | |
|---------------------------------|--|
| Fí' | Fuerza traslacional |
| Fí'' | Fuerza rotacional |
| Fe-Mn | Hierro-manganeso |
| Km | Kilómetro |
| Kg | Kilogramo |
| l/s | Litros por segundo |
| l/h/d | Litros por habitante día |
| L | Longitud |
| MF | Momento fijo |
| Mn | Momento de piso |
| Ms | Momento de sujeción |
| mm | Milímetro |
| m | Metro |
| m/s | Metro por segundo |
| m³/s | Metro cúbico por segundo |
| m² | Metro cuadrado |
| H_f | Pérdida de carga por fricción |
| d | Peralte |
| n | Período de diseño |
| P_f | Población futura |
| P_o | Población actual |
| S | Pendiente hidráulica |
| <i>γ_{suelo}</i> | Peso específico del suelo |
| <i>γ_c</i> | Peso específico del concreto |
| R_h | Radio hidráulico |
| f'c | Resistencia del concreto a los 28 días |
| V | Velocidad |

GLOSARIO

| | |
|----------------------------|---|
| Altura de piso | Distancia vertical medida entre la parte superior de losa de un piso y la parte superior de la losa del piso inferior. |
| Altura del elemento | En un elemento sometido a flexión, distancia medida desde la fibra extrema en compresión hasta la fibra extrema en tensión. |
| Altura efectiva | Distancia medida desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo a tensión. |
| ACI | Reglamento establecido para el profesional en el ámbito de la construcción sus siglas en inglés significan Instituto Americano del Concreto. |
| Aforo | Es la medición de un caudal de agua. |
| Cal | Material empleado en el tratamiento de agua en sus fases de ablandamiento, ajustes del PH, coagulación, para la remoción del color, entre otras. Su presentación en polvo se puede dosificar por medio de agitadores de tolvas. |

| | |
|----------------------------------|---|
| Canaleta Parshall | Se utiliza en la planta de tratamiento con la doble finalidad de medir el caudal afluente y realizar la mezcla rápida en el resalto que se produce al momento que la corriente líquida pasa de una condición supercrítica a una subcrítica. |
| Captación | Conjunto de obras y servicios que hacen posible retirar el agua de la fuente de abastecimiento para su posterior conducción, tratamiento y distribución. |
| Cargas de servicio | Son todas las cargas, estáticas o transitorias, que se imponen a la estructura, o elemento estructural, debido a uso de la edificación, sin factores de carga. |
| Cargas gravitacionales | Cargas que actúan hacia abajo y que son causadas por la aceleración de la gravedad, actuando sobre la masa de los elementos. |
| Caudal | Volumen de agua que pasa en una unidad de tiempo, en un determinado punto de observación. |
| Coefficiente de rugosidad | Valor dado a la pérdida causada por el tipo de material del que está conformada una tubería. |
| Columna | Miembro vertical que transmite cargas de pisos superiores hacia el suelo a través de la cimentación. Es un elemento estructural utilizado principalmente para soportar cargas a compresión. |

| | |
|----------------------------------|--|
| Cloración | Proceso en la etapa de desinfección, consiste en la aplicación de cloro en cualquiera de sus compuestos. |
| Confinamiento de estribos | Es un refuerzo necesario para absorber parte de la energía de un sismo, y en columnas les agrega ductilidad. |
| Consumo | Cantidad de agua utilizada por la población en litros por habitante por día. |
| Corte Basal | Es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación, para simular sobre un modelo matemático, los efectos de un sismo en la estructura. |
| Cimentación | Conjunto de elementos estructurales cuya función es transmitir las cargas de la superestructura de la edificación al terreno y comprende principalmente zapatas, vigas conectoras, cimientos corridos y soleras de amarre. |
| Decantación | Proceso por el cual las partículas suspendidas con una densidad mayor a la del agua se sedimentan al fondo del depósito como efecto de la gravedad o a través de métodos químicos. |
| Deformación unitaria | Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a la aplicación de una o más fuerzas sobre el mismo. |

| | |
|--------------------------------|---|
| Desarenador | Es una obra que permite la retención del agua en donde las partículas de arena pueden decantarse por efecto de la gravedad. |
| Dotación | Estimación del volumen de agua que se asigna al consumo de un habitante durante el día. |
| Empotramiento | Apoyo o unión de un extremo de una pieza, para fijarla, impidiendo el giro, traslación y deslizamiento. |
| Estribo | Varilla transversal de acero que resiste los esfuerzos de corte en el alma de la viga. |
| Factor de carga | Número por el cual hay que multiplicar el valor de la carga real o de servicio para determinar la carga última que puede resistir un elemento en la ruptura. |
| Factor de reducción | Número menor que 1, por el cual hay que multiplicar la resistencia nominal calculada para obtener la resistencia de diseño |
| Grupo coliforme | Grupo de bacterias que habitan en el intestino grueso del hombre y de algunos animales. Cuando éstas se detectan indican una contaminación fecal y son las que se buscan en un examen bacteriológico. |
| Límite máximo aceptable | Valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde el punto de vista sensorial, sin que implique daño al consumidor. |

| | |
|---------------------------------|---|
| Límite máximo permisible | Valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano. |
| Mortero | Mezcla plástica obtenida con un aglomerante, agregado fino y agua, se utiliza para unir ladrillos, blocks, pisos, etc. |
| Obra de conducción | Puede ser un canal abierto o un conducto cerrado. Su finalidad es la de transportar el agua captada en las tomas hasta la planta de tratamiento, o a la ciudad para su distribución. |
| Pérdida de carga | Pérdida de energía dinámica ocasionada por la fricción entre el agua y las paredes de la tubería. |
| Presión dinámica | Altura que alcanzaría el agua en tubos piezométricos a partir del eje central a lo largo de una tubería con agua a presión. |
| Recubrimiento | Es la distancia medida desde la superficie del concreto hasta la superficie exterior del acero, cuyo fin es el de proteger las barras de acero de dos agentes, la corrosión y el fuego. |
| Rigidez | Capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos. |

Sulfato de aluminio

Sustancia química dosificada al agua en la planta de tratamiento en las fases de coagulación, remoción de hierro-manganeso, arsénico, flúor y de compuestos orgánicos bióxidos.

RESUMEN

El diseño de la ampliación de la línea de conducción de agua potable en la ciudad de Retalhuleu y del edificio para el Instituto Mixto Básico para la comunidad de Vaquilito en el municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu; es una propuesta presentada a la municipalidad como resultado del trabajo realizado en el programa de EPS que vendrá a satisfacer las necesidades principales de esta población.

En el capítulo uno se presenta la fase de investigación que describe aspectos generales del lugar tales como: límites y localización, topografía, aspectos climáticos, servicios públicos, actividades económicas y características de la población. Se presenta un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura para el mejoramiento y desarrollo de la comunidad.

El capítulo dos contiene la fase de servicio técnico profesional en el cual se desarrolla el diseño de la línea de conducción de agua potable, se describe el funcionamiento del sistema de conducción actual, aspectos de diseño del nuevo proyecto, aforos, exámenes del agua, levantamiento topográfico, bases de diseño hidráulico de los elementos de conducción, caudales, diseño de los componentes incluyendo los planos y el presupuesto del mismo.

Posteriormente, se plantea el diseño del edificio para el Instituto Mixto Básico que consta de dos niveles, donde el sistema estructural propuesto es de marcos rígidos, distribuyéndose en seis aulas, una dirección, biblioteca, bodega, servicios sanitarios, todo ubicado en un terreno de 946 metros

cuadrados. Las cargas consideradas son: viva, muerta y sísmica. El análisis se hizo a través del método Kani, de donde se obtuvieron los momentos en cada elemento estructural, para luego diseñarlos con la combinación de carga más crítica.

OBJETIVOS

General

Diseñar la ampliación de la línea de conducción de agua potable y diseñar el edificio para el Instituto Mixto Básico, para la comunidad de Vaquilito, ambos en el municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu que contribuyan a mejorar las necesidades de saneamiento y educación.

Específicos

1. Proporcionar información monográfica y diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal de Retalhuleu.
2. Determinar la necesidad de reparaciones y remodelaciones a los elementos de la línea de conducción existentes o si fuese obligatorio, la construcción de nuevas estructuras.
3. Elaborar una guía de operación y mantenimiento para el sistema de conducción de agua potable.

INTRODUCCIÓN

El agua es el líquido indispensable para todo ser humano. Son muchos los usos que se le dan, pero indudablemente el consumo es el más importante. Por esta razón desde su captación hasta hacerla potable y de la forma que se lleve a cabo este proceso, depende el desarrollo de poblaciones enteras.

La ciudad de Retalhuleu posee dos formas de conducción, una a través de un canal abierto que consta de dos kilómetros de longitud, el cual se dirige hacia el río principal que abastece a la población con el fin de aumentar el caudal del río; y la otra que consta de tres ramales de tubería PVC, que inicia con la captación en la presa Xelajú hasta llegar a la planta de tratamiento, para su correcta filtración y desinfección.

Retalhuleu, no cuenta con una fuente suficiente para satisfacer la demanda de este líquido, debido al deterioro y desgaste de los elementos que conforman la línea de conducción de agua potable, que provocan dotaciones deficitarias, otro de los problemas es la falta de infraestructura para impartir el proceso de enseñanza-aprendizaje en las comunidades, donde la educación, debe priorizarse y ser uno de los servicios básicos, para elevar la calidad de vida socioeconómica de los pobladores.

Debido a esto se plantea la propuesta del presente trabajo de graduación, para solucionar dichos problemas y aportar un avance significativo en el desarrollo de la región con el diseño de la ampliación de la línea de conducción de agua potable y del edificio para el Instituto Mixto Básico, ambos para el municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Retalhuleu

Retalhuleu es uno de los departamentos más importantes de la república desde el punto de vista económico, por su riqueza natural, así como su industria, comercio, agricultura y ganadería.

1.1.1. Límites y localización

El departamento de Retalhuleu se encuentra situado en la región VI área suroccidental de Guatemala a una altura de 239 metros sobre el nivel del mar. Se ubica en la latitud 14°32'10" y longitud 91°40'40". Cuenta con un área aproximada de 1 856 kilómetros cuadrados. Sus límites son:

- Norte: Quetzaltenango
- Sur: Océano Pacífico
- Este: Suchitepéquez
- Oeste: San Marcos y Quetzaltenango

Su territorio se desarrolla en las faldas de las montañas que forman parte de la Sierra Madre y que bajan al mar en suave declive. No tiene accidentes de gran importancia, siendo relativamente plana su topografía. El cultivo se practica intensamente y con todos los medios de la técnica agrícola más moderna.

Figura 1. **Localización del departamento de Retalhuleu**



Localización del departamento

Fuente: www.googlemap.com. Consulta: septiembre de 2011.

1.1.2. **Accesos y comunicaciones**

Entre las carreteras principales, además de las rutas nacionales, está la Internacional del Pacífico CA-2 la cual atraviesa el departamento, partiendo de la frontera con El Salvador hasta la frontera con México; de esta carretera a la altura de San Sebastián se desprende un ramal que lo comunica con Quetzaltenango. Cuenta también con carreteras a nivel departamental, caminos, roderas, y veredas que unen a la cabecera con sus poblados y comunidades rurales. Se comunica por medio de vías férreas y posee varias pistas de aterrizaje.

1.1.3. Topografía

Es plana ondulada o suavemente inclinada, posee dos zonas topográficas: la montuosa, del pie de monte al norte; y la llana, del litoral oceánico al sur. La zona de montes es estrecha y representa el diez por ciento de las tierras; las llanuras son anchas y mayoritarias. Un detalle particular lo constituyen los llamados zanjones, que cortan la continuidad de las planicies.

1.1.4. Aspectos climáticos

Según datos proporcionados por el Insivumeh en la estación meteorológica ubicada en la base militar de Retalhuleu se obtuvieron los siguientes parámetros del clima:

- Temperatura media anual: 27,2 °C
- Temperatura máxima anual: 33,5 °C
- Temperatura mínima: 21,5 °C
- Temperatura máxima absoluta: 38,2 °C
- Temperatura mínima absoluta: 16 °C
- Precipitación anual: 4060,1 mm
- Días de lluvia: en promedio al año llueve 165 días (mayo a septiembre)
- Nubosidad anual: 5 octas
- Humedad relativa: 72 por ciento
- Presión atmosférica: 740 mmHg
- Velocidad del viento: 5,90 Km/hora

1.1.5. Servicios públicos

El municipio cuenta con servicios de salud, educación, agua potable, luz eléctrica, Juzgado de Paz, Policía Nacional Civil, Correo Nacional, telefonía móvil, recolección de basura y alcantarillado únicamente en la zona urbana. Cuenta con un edificio municipal, un rastro, mercados, terminal de buses, hospitales tanto públicos como privados, agencias bancarias, museo, biblioteca, un teatro al aire libre, institutos vocacionales, particulares y nocturnos, estadio y un complejo deportivo.

1.1.6. Actividades económicas

Es uno de los departamentos más fértiles del país. Su clima y riqueza natural hacen que la mayoría de tierras sean cultivables, esto beneficia su productividad. El desarrollo de la infraestructura vial que comunica al departamento ha elevado el comercio y la industria, su economía se basa en la agricultura e industria.

La tierra es propicia para la siembra de variedad de cultivos como: maíz, café, frijol, caña de azúcar, arroz, algodón, ajonjolí, y cuenta con bosques de hule, zarza parrilla, madera de construcción y ebanistería, plantas medicinales, tintóreas. Las haciendas ganaderas y agrícolas también han ayudado a la afluencia de comerciantes, industrias e inversionistas.

En los últimos años, una parte del sector turístico se ha concentrado en este departamento, aspecto que contribuye a mejorar la situación económica de la población adhiriéndose a todo esto en gran escala la pesca y salinas del puerto de Champerico.

1.1.7. Población

Asciende a 284 359 habitantes de los cuales 139 474 son hombres y 144 885 son mujeres, según datos del censo 2008 del Instituto Nacional de Estadística (INE). En algunos municipios predomina los idiomas kiche' y mam pero el oficial es el español.

1.2. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de Retalhuleu

A continuación se detallan las principales necesidades de la población y como este diseño viene a beneficiar al sector educación para la población de Retalhuleu.

1.2.1. Descripción de necesidades

Las necesidades que se presentan en el municipio de Retalhuleu son diferentes dependiendo de cada comunidad, así que para la designación de los proyectos se seleccionó los que principalmente se orientaran a resolver los problemas de servicios básicos, como es el caso del agua potable, ya que la línea de conducción actual presenta deficiencias debido al incremento poblacional y al término de la vida útil de los materiales empleados en la obra.

Otras necesidades son la pavimentación de calles, construcción de puentes, construcción de drenajes. En el caserío Vaquilito los pobladores y los miembros del comité pro-mejoramiento han planteado sus necesidades a la municipalidad, entre ellas tenemos la construcción de un nuevo edificio escolar que se irá desarrollando por fases y el mejoramiento del camino principal.

La comunidad ya cuenta con un edificio escolar para el nivel primario, pero es necesario la construcción de uno nuevo para el nivel básico; además contar con un lugar de reunión para usos múltiples.

1.2.2. Priorización de las necesidades

De acuerdo con la descripción de las necesidades de la población y los recursos disponibles en la administración municipal, se optó por el diseño de la ampliación de la línea de conducción de agua potable del municipio de Retalhuleu y la construcción de un Instituto Básico por Cooperativa de dos niveles para el caserío Vaquilito.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de la ampliación del sistema de construcción de agua potable para el municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu

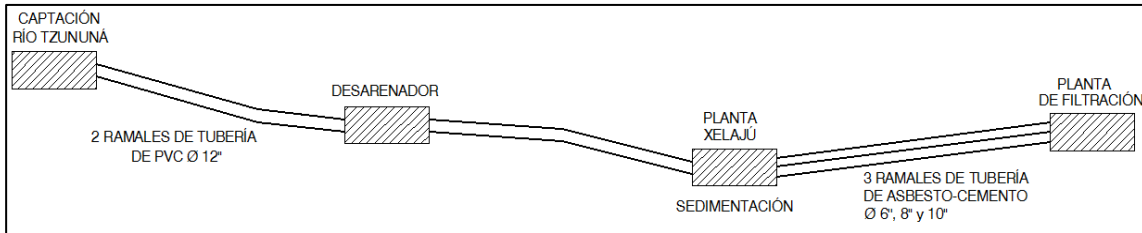
Actualmente, la línea de conducción de agua potable no cumple con la demanda de la población. Por lo que se hace necesario incrementar el caudal actual.

2.1.1. Descripción del sistema actual

El sistema de conducción por gravedad de agua potable de Retalhuleu se conforma, por un canal abierto que conduce un caudal de 310 litros por segundo el cual disminuye en su recorrido, ya que irriga siembras de la finca Buena Vista; por la cual atraviesa una distancia de 3,06 kilómetros hasta unirse con el río Tzununá el cual es la fuente principal de abastecimiento.

En el río Tzununá se capta por medio de una presa, un caudal de 300 litros por segundo el cual se conduce en tuberías de PVC de Ø 12 pulgadas cubriendo una longitud de 339,59 metros hasta llegar a la planta de sedimentación donde recibe tratamiento a través de la aplicación de sulfato de aluminio dosificado, con el fin de remover sustancias dañinas. De la planta de sedimentación salen tres ramales de tuberías de asbesto-cemento de diámetro de 6, 8 y 10 pulgadas que recorren una distancia de 1 580,26 metros hasta unirse a los filtros rápidos No. 1 ubicados en la planta de desinfección (ver figura 2).

Figura 2. **Croquis del sistema actual de conducción de agua potable**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad 2010.

2.1.1.1. **Captación**

Existen dos captaciones: la primera se hace al río Ocosito por medio de una bocatoma, toma, rejilla y compuerta del cual se extrae un caudal de 310 litros por segundo recorre una distancia de 3,06 kilómetros hasta unirse con el río Tzununá.

La segunda está construida en el inicio del sistema a 26,89 metros de altura de los tanques de distribución y se encuentra conformada por una presa, disipadores de energía, una caja de captación, todo está ubicado en el municipio de San Sebastián a 1 949 metros de la planta de tratamiento Bruselas, comunidad de Retalhuleu. La fuente de abastecimiento es el río Tzununá del que se capta un caudal de 300 litros por segundo considerando las siguientes condiciones de diseño para la captación:

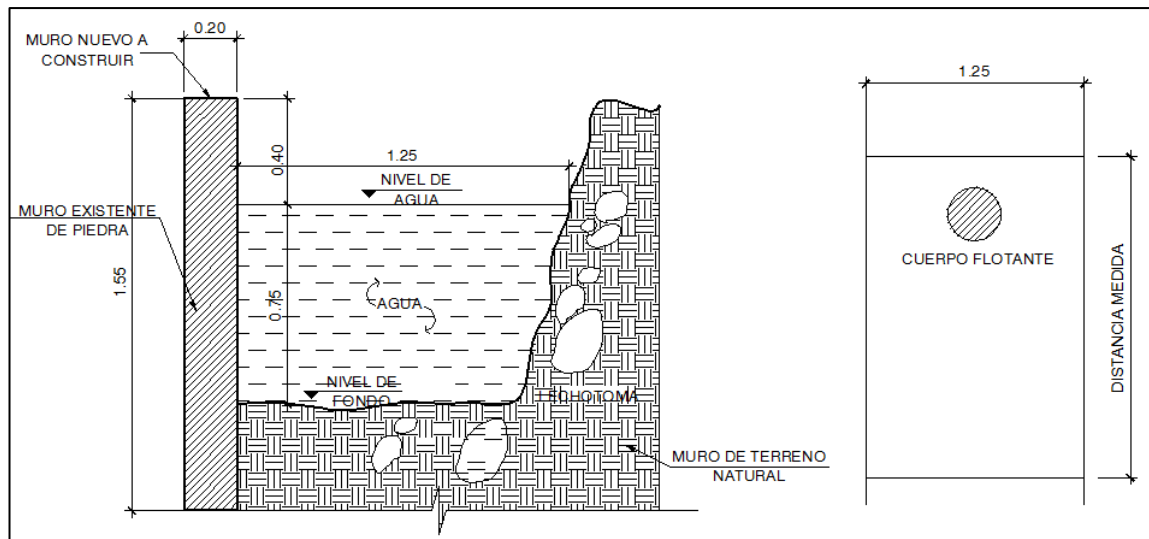
- Las estructuras garantizarán seguridad, estabilidad y funcionamiento en todos los casos. Para cualquier condición de la fuente, garantizarán protección contra la contaminación, entrada o proliferación de raíces, algas y otros.

- Se impedirá al máximo la entrada de arena y materiales en suspensión o flotación.

2.1.1.2. Bocatoma

Se hizo el primer aforo en este lecho, el cual no presentaba turbulencias y la sección del canal era uniforme, se midió las dimensiones del canal tanto el ancho como las diferentes profundidades, con estos datos se calculó el área transversal de la sección del canal. Luego la velocidad se midió por medio de un objeto flotante, en este caso una pelota, tomando el tiempo que tardaba en atravesar las dos marcas colocadas como se aprecia en la figura 3, para así obtener un caudal de 310 litros por segundo (ver cálculo en página 16 aforo de la fuente).

Figura 3. Sección transversal de la toma



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

2.1.1.3. Canal de la bocatoma

Esta estructura de sección rectangular tiene la función de transportar un caudal de aproximadamente 310 litros por segundo desde la bocatoma hacia el río Tzununá. Posee una longitud de 3,06 kilómetros y sus dimensiones son de 1,25 metros de ancho x 1,15 metros de alto teniendo fondo de tierra.

2.1.1.4. Presa

Es una captación abierta, construida dentro del río en donde se toma parte de la corriente de agua. Este elemento funciona en forma aceptable; a través de la presa pasa el río Tzununá de donde se capta un caudal de 300 litros por segundo, posee disipadores de energía, cajas de captación con sus respectivas compuertas de las cuales salen dos ramales de tubería PVC Ø 12 pulgadas dirigiéndose a la planta de sedimentación.

2.1.1.5. Desarenadores

Son estructuras que se construyen entre la fuente y el tanque de almacenamiento con el propósito de eliminar sedimentos, principalmente arena y materia orgánica que el agua arrastra.

Las dimensiones de los tanques sedimentadores dependen del caudal de diseño de la captación, de la distribución granulométrica de los sedimentos en suspensión que transporta la corriente natural y de la eficiencia de remoción. En el fondo tiene un espacio disponible para recibir los sedimentos en suspensión que retienen, los cuales son removidos periódicamente mediante el lavado hidráulico o procedimientos manuales, cuentan con un vertedero de rebose que permite devolver a la corriente los excesos de agua.

El funcionamiento de un desarenador está basado en el tiempo que tarda una partícula en llegar desde la superficie hasta el fondo en un medio líquido, este tiempo está afectado por los siguientes factores:

- Diámetro de la partícula a sedimentar
- Temperatura del medio
- Viscosidad del medio
- Forma de la partícula
- Peso específico de la partícula
- Peso específico del medio

2.1.1.6. Proceso de tratamiento

En términos generales, es la técnica que tiene por finalidad reducir las impurezas perjudiciales y nocivas que transporta el agua; siendo su objetivo fundamental mejorar la calidad del agua natural desde los siguientes puntos de vista:

- Higiénico: remoción de bacterias, protozoarios y otros organismos, sustancias venenosas, proporción excesiva de compuestos orgánicos.
- Estético: remoción del color, sabor, turbidez y olor.
- Económico: reducción de la corrosividad y del hierro, etc.

El proceso de tratamiento de purificación del agua está compuesto por dos sistemas: sedimentación y filtración rápida a presión, los cuales se encuentran separados por una distancia de 1 200 metros de abundante vegetación. Se comunican por tres ramales de tuberías de asbesto-cemento de diámetro de 6, 8 y 10 pulgadas donde los ramales de tubería 6 y 8 pulgadas se unen a la batería de filtros 1 y la de 10 pulgadas llega hasta la batería de filtros No. 2.

- Sedimentación

Es el proceso mediante el cual ocurre el asentamiento de materiales en suspensión, por acción de la gravedad. En algunos casos, es necesario aumentar el tamaño de las partículas mediante la coagulación para facilitar la sedimentación. La coagulación transforma las impurezas que se encuentran en suspensiones finas en estado coloidal (Fe-Mn) en partículas que se puedan remover por la sedimentación y filtración.

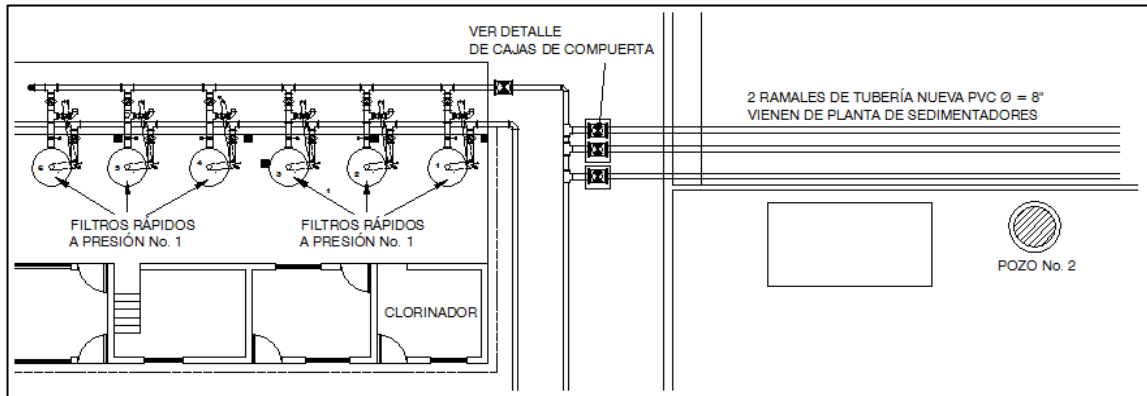
El sistema de sedimentación de Retalhuleu se encuentra compuesto por los dosificadores, el canal de mezcla, la canaleta parshall, floculadores de flujo horizontal, pantallas difusoras y tanques de sedimentación.

- Filtración

La filtración del agua consiste en hacerla pasar a través de sustancias porosas, capaces de retener o remover algunas de sus impurezas. Por lo general el material que se usa es arena. El sistema de filtración de Retalhuleu es rápida a presión; está compuesto por dos baterías de filtros rápidos 1, 2 y la unidad de desinfección, que es básicamente un aparato clorador de inyección directa, que disuelve 25 libras de cloro en 24 horas. De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS) el rango de dosis de cloro es una parte por millón.

La batería de filtros No. 1 (ver figura 4), está compuesta por seis cilindros metálicos cerrados con un dispositivo para el ingreso del agua en la parte superior y otro en la parte inferior para la salida del agua filtrada. También poseen tuberías para la salida del aire y drenes para la descarga del agua de lavado, su tipo de funcionamiento es rápido a presión de flujo vertical.

Figura 4. **Batería de filtros rápidos a presión No. 1**

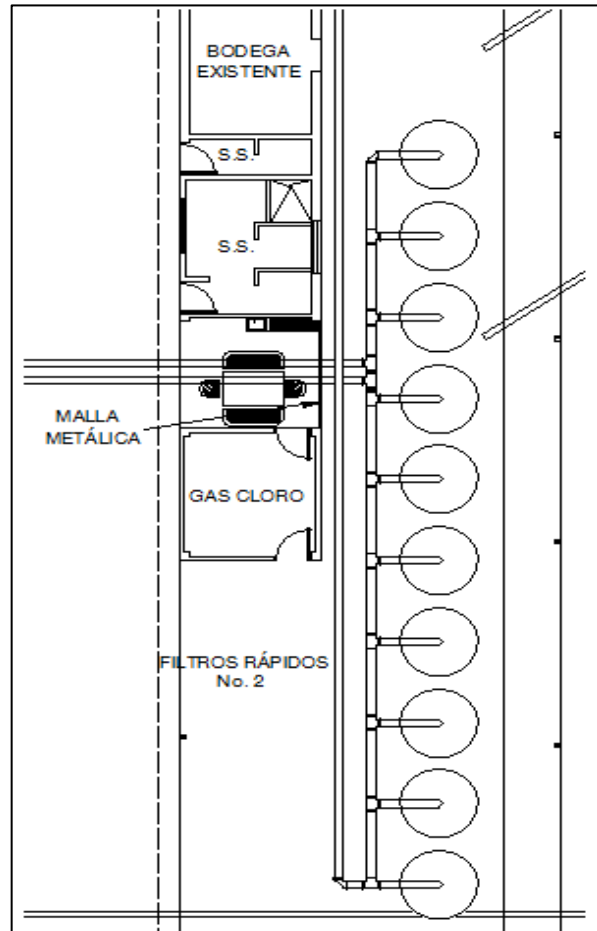


Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

La batería de filtros rápidos a presión de flujo vertical No. 2 consta de diez unidades fabricadas por una compañía japonesa. Posee las mismas características que la batería de filtros No. 1.

En un futuro se construirá un tanque de almacenamiento para recibir el nuevo caudal y las tuberías existentes dejarán de funcionar, ya que se encuentran en mal estado.

Figura 5. **Batería de filtros rápidos a presión No. 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

2.1.2. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de una nueva línea de conducción de 1 949 metros de longitud, se utilizarán 3 líneas de tuberías de PVC de \varnothing de 8 pulgadas y dos líneas de \varnothing 12 pulgadas; es un sistema por gravedad; este proyecto beneficiará a la población de Retalhuleu que presenta problemas de escasez de agua.

2.1.2.1. Visita preliminar

Se observa que la pendiente del terreno es levemente pronunciada variando entre 1 a 2 por ciento, la primera captación se hace en el río Ocosito, la cual se encuentra en muy malas condiciones ya que la derivación del río está hecha con troncos y piedras; esto trae como consecuencia que el caudal a captar no sea el adecuado, las compuertas existentes necesitan cambiarse ya que no cierran correctamente, la toma existente presenta rebalse ya que la sección transversal tiene obstáculos los cuales disminuyen el caudal en su totalidad.

En la presa ubicada a 339 metros de la planta de sedimentación, se efectúa la segunda captación a través de una caja y se transporta por dos ramales de tubería de PVC Ø 12 pulgadas pasando por los desarenadores y luego por la planta de sedimentación en Xelajú, comunidad de San Sebastián, Retalhuleu, de la que salen tres ramales de tubería de asbesto-cemento de 6, 8 y 10 pulgadas hasta llegar a unirse a los filtros rápidos No. 1 ubicados en la planta de desinfección en la comunidad de Bruselas.

2.1.3. Fuentes de agua

Para elegir una fuente de abastecimiento se deben tener en cuenta tres factores:

- Cantidad
- Calidad
- Costo

Un abastecimiento insuficiente ocasiona la falta de agua, máxime en las horas de mayor consumo, el agua debe ser de buena calidad, cumpliendo con las normas establecidas de potabilización. Para el caso de la población de Retalhuleu se cuenta con dos fuentes naturales de abastecimiento de agua, el río Ocosito y el principal que es el río Tzununá, a través de una presa existente y una caja de captación se capta el agua el cual se dirige por tubería PVC, pasando por un proceso de tratamiento hasta desinfectarse con cloro y distribuirse hacia la ciudad.

2.1.3.1. Aforo de la fuente

Aforar significa medir la cantidad de agua que pasa en determinado momento y determinado lugar proveniente de fuentes subterráneas o nacimientos, en este caso se midieron dos fuentes superficiales, el río Ocosito y el río Tzununá, ya que las dos abastecen a la ciudad, el aforo se realizó en época de estiaje.

El cálculo del caudal se realizó de la siguiente forma: se eligió un trecho lo más recto y largo posible, libre de obstáculos, en el trecho escogido se marcó la sección normal del río por medio de dos cuerdas extendidas como se muestra en la figura 2, el canal se tomó de forma rectangular, se midió el ancho (1,25 metros) y la altura (0,75 metros) obteniendo un área de 0,94 metros cuadrados. Para obtener el valor de la velocidad se utilizó una pelota midiendo el tiempo que tardaba en cruzar ambas marcas, se obtuvo una velocidad de 0,33 metros sobre segundos.

$$Q = AV = 0,33 \times 0,94 = 0,31 \text{ m}^3/\text{s} = 310 \text{ l/s}$$

Figura 6. Aforo por flotador



Fuente: primer aforo en la bocatoma, río Ocosito, Retalhuleu.

2.1.4. Exámenes del agua

Son aquellos que servirán para determinar las características del río Tzununá el cual es la fuente de abastecimiento de la población de Retalhuleu. Básicamente son dos exámenes, el físico-químico y el bacteriológico; para el caso de la toma de muestra del examen bacteriológico se utilizó un frasco de vidrio de una capacidad de 100 mililitros, sellado y esterilizado, dado por el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), institución encargada de los análisis.

Asimismo, se extrajo una muestra de agua para el examen físico-químico usándose un recipiente de galón de plástico esterilizado. Las muestras deben ser analizadas en un lapso menor de 24 horas desde el momento en que fueron recolectadas.

2.1.4.1. Examen bacteriológico

Se aplicó la técnica establecida por la Norma Coguanor NGO 4010, prueba presuntiva, confirmativa. Se detalló que bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación II, calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración, desinfección) según Normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se hace referencia que dichos procesos se están efectuando en las plantas existentes en la ciudad de Retalhuleu (ver resultado en anexo 2).

La bacteriología es el estudio de las bacterias, que son microorganismos que se encuentran en el aire, el suelo y el agua. Usualmente se encuentran en las aguas de abastecimiento y se presentan en una cantidad de uno a cuatro micrómetros (un micrómetro = 0,001 milímetros). El examen bacteriológico permite determinar las características del agua en estado natural, a fin de efectuar las siguientes acciones:

- Establecer el tipo de tratamiento adecuado.
- Uso para consumo, recreación, irrigación, etc.
- Clasificación del curso de agua según tenga contacto con aguas residuales u otros desechos.

Además, permite realizar la medición de la eficacia de la planta de tratamiento, ya sea agua en forma natural, decantada, filtrada o clorada; asimismo, efectuar un control de potabilidad del agua distribuida.

- Pasos para el análisis de la muestra

- Toma de muestra

Es necesario usar frascos de vidrio no corrosivo o plástico de boca ancha, estériles y con capacidad de 100 mililitros. El método de muestreo se determina de acuerdo con el objetivo de estudio, en este caso se trata de agua de superficie por lo que se recolecta la muestra contra la corriente, lo más distante de la orilla para evitar puntos muertos y siempre bajo la superficie, más o menos a 30 centímetros de profundidad. Es recomendable que los puntos de toma de muestras sean determinados a fin de que la muestra sea representativa.

- Envío de la muestra al laboratorio

Una vez recolectada la muestra, se debe enviar al laboratorio lo más pronto posible; en este caso fue tomada del río Tzununá, cuya agua es muy contaminada por lo que se requiere enviarla antes de que transcurran seis a ocho horas después de la toma. La muestra debe conservarse en refrigeración hasta su análisis.

- Indicadores de contaminación

La investigación de organismos patógenos en el agua es muy compleja, estas bacterias se encuentran en cantidad reducida, como índice de su posible presencia, se usan otros organismos: los del grupo coliforme. Los coliformes son organismos indicadores de contaminación fecal, de esto se deduce si el agua está contaminada por materia fecal, los agentes de enfermedades transmitidos por vía hídrica también podrán estar presentes en ella, la ausencia de coliformes es prueba de que el agua es potable desde el punto de vista bacteriológico.

- Norma de calidad del agua desde el punto de vista bacteriológico

La norma utilizada para establecer la calidad del agua de bebida es la COGUANOR NGO 29001 agua potable, la cual se puede apreciar en el anexo 4. Esta norma es la usada por algunos países latinoamericanos que han incorporado los valores de guía de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como valores específicos para sus normas nacionales.

2.1.4.2. Examen físico

Según el examen físico-químico sanitario que se le realizó a la fuente de abastecimiento de agua potable en Retalhuleu, el río Tzununá, los resultados que se obtuvieron, fueron que desde el punto de vista físico tiene aspecto turbio (rechazable) y olor a materia orgánica (rechazable). Desde el punto de vista de calidad química el agua cumple con la Norma Coguanor 290001 y las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

Estos exámenes dan a conocer el olor, el sabor, la apariencia y la aceptabilidad del agua de una manera general. Las determinaciones físicas más comunes son las siguientes:

- Potencial de hidrógeno pH

Con este examen sólo se determina si el agua es ácida, neutra o básica, Una solución que tenga pH menor que 7 es ácida, la que tenga un pH equivalente a 7 es neutra y si el pH es mayor que 7, la solución es alcalina.

- Turbidez

La turbidez en el agua es la medida de interferencia que presentan las partículas en suspensión al paso de la luz, se debe a la arcilla, lodo, partículas orgánicas, organismos microscópicos y cuerpos similares. La turbidez da una noción de la apariencia del agua y sirve para tener una idea acerca de la eficiencia del tratamiento.

- Color

El color del agua se da debido a la presencia de sustancias orgánicas disueltas y coloidales, sustancias inorgánicas disueltas, así como cuerpos vivos presentes, tales como algas.

- Olor y sabor

Por lo general, la determinación que se realiza es la del olor debido a que el sabor depende de este. En el agua todas las sustancias inorgánicas pueden producir olor y sabor según la concentración en que se encuentren.

2.1.4.3. Análisis químico

El análisis químico es uno de los requisitos para caracterizar el agua. Las guías para la calidad de agua potable de la Organización Mundial de la Salud señalan que los problemas relacionados con las sustancias químicas presentes en el agua de bebida se deben sobre todo a que ellas pueden afectar la salud después de una exposición prolongada. Entre los contaminantes químicos, los que generan especial inquietud son los que tienen propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y las sustancias carcinógenas.

Entre las sustancias químicas de importancia para la salud que puedan afectar el agua potable, destacan el cadmio, el cianuro, el cobre, el mercurio y el plomo.

2.1.5. Levantamiento topográfico

El levantamiento que se realizó es de primer orden; según Normas del INFOM se establece que cuando la pendiente longitudinal sea menor que el 5 por ciento como es el caso del presente proyecto se optará por una distancia horizontal entre puntos de nivelación de 20 metros, se usaron los siguientes instrumentos:

- Teodolito
- Estadal
- Plomada de centro
- Nivel

Para proyectos de agua potable el método usado es el taquimétrico, por la altimetría se determinan los puntos bajos y altos que definen el perfil del terreno y estas variaciones establecen si el sistema funcionará por bombeo o gravedad, se tiene un mejor conocimiento de las presiones en la tubería para así obtener el perfil piezométrico de la conducción.

2.1.6. Bases del diseño hidráulico de los elementos de conducción

El estudio de planificación debe considerar para efectos de análisis tres aspectos básicos: geográficos, socioeconómicos y servicios. La importancia de esta información es que permite un conocimiento de variables.

2.1.6.1. Período de diseño

Es el período donde el proyecto dará un servicio satisfactorio para la población de diseño, este depende de la vida útil de los materiales, población, costos, comportamiento de la obra en sus primeros años y la posibilidad de futuras ampliaciones. Este período no debe ser menor de 20 años y se debe contemplar un período adicional por trámites de un año, para este proyecto se estableció un período de diseño de 21 años.

2.1.6.2. Censo de población

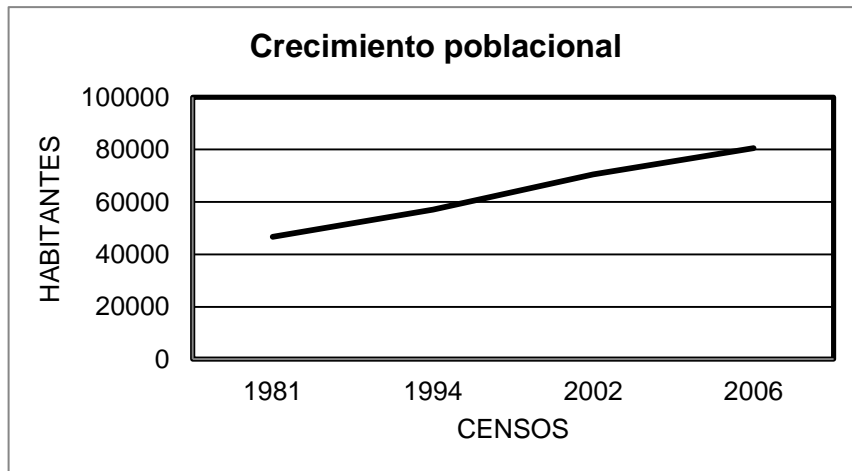
Es un conjunto de operaciones que permiten recoger, recopilar, evaluar, analizar, publicar o divulgar datos demográficos, económicos y sociales relativos a los habitantes de un país, en un momento determinado. Según censos consultados en el Instituto Nacional de Estadística de Retalhuleu se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla I. **Crecimiento poblacional del departamento de Retalhuleu**

| Año | No. de habitantes |
|------|-------------------|
| 1981 | 46 652 |
| 1994 | 57 123 |
| 2002 | 70 470 |
| 2006 | 80 547 |

Fuente: censos del INE.

Figura 7. **Gráfica de crecimiento poblacional del departamento de Retalhuleu**



Fuente: elaboración propia.

2.1.6.3. Población futura

Es la cantidad de habitantes que se estima llegará a tener en un futuro determinado lugar, este dato es importante para obtener el caudal medio. Ya que el proyecto se diseña para que pueda transportar el caudal cuando aumente el número de personas y no sea obsoleto anticipadamente. El caudal medio multiplicado por un factor de consumo da como resultado el caudal de conducción el cual servirá para el diseño de la línea de conducción, a continuación se desarrolla el cálculo de la población futura para el proyecto.

2.1.6.4. Método de incremento geométrico

Es el método más usado, debido a su exactitud, en el cálculo de la población futura, la tasa de crecimiento se calculó con datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Para proyectar la demanda se

necesita tener al menos dos datos, el número de habitantes de la comunidad que correspondan a diferentes años para determinar la tasa de crecimiento. La fórmula para calcular la tasa de crecimiento “r” utilizando el método geométrico es:

$$r = \left(\frac{P_f}{P_o} \right)^{1/n} - 1$$

Donde:

r = tasa de crecimiento geométrico (se multiplica por cien para expresarla en porcentaje)

Pf = población final (dato del censo más reciente)

Po = población inicial (dato de un censo anterior)

n = período intercensal (años entre los censos a considerar)

Cálculo de la tasa de crecimiento, datos obtenidos de tabla I:

$$r = \left(\frac{80\ 547}{70\ 470} \right)^{1/4} - 1$$

$$r = 0,0339$$

Se obtuvo una tasa de crecimiento de 3,40 por ciento a continuación se calculará la población futura con la siguiente fórmula:

$$P_f = P_o (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Po = población actual

r = tasa de crecimiento

n = período de diseño

Cálculo de la población futura:

$$Pf = 80\,547 (1 + 0,034)^{21} = 162\,547,6 \text{ habitantes.}$$

2.1.6.5. Dotación

Es la cantidad de agua que se le asigna a una persona para su consumo durante el día se expresa en litros por habitante por día (l/h/d). La dotación que se asigne es importante porque incide directamente en el costo del proyecto, el criterio para determinar la dotación depende de varios factores, el tamaño de la población, el clima (en climas cálidos la dotación es alta), la actividad productiva, aspectos socioeconómicos de la población y otros. Las dotaciones utilizadas para el diseño de la línea de conducción se encuentran en la tabla II.

Tabla II. **Dotaciones por habitante por día**

| Zonas urbanas | Zonas rurales |
|-----------------|----------------|
| 150 a 300 l/h/d | 60 a 150 l/h/d |

Fuente: Normas de diseño del INFOM y Normas de UNEPAR.

2.1.7. Caudales

La demanda para el proyecto se constituye por dos elementos:

- La población efectiva, representada por la población actual y futura
- El consumo de agua o la generación de agua servidas de dicha población

2.1.7.1. Caudal medio diario

Es el caudal de agua consumido por una población en un día promedio. Este caudal (Q_m) se obtiene del promedio de consumos diarios durante un año; cuando no se cuentan con estos registros será el producto de la dotación adoptada, por el número de habitantes que se estimen al final del período de diseño.

$$Q_m = \frac{\text{Dot} \times P_f}{86\,400}$$

Donde:

Dot = dotación = 120 l/h/d

Q_m = caudal medio o consumo medio diario

P_f = población futura

86 400 = factor para convertir el tiempo de día a segundos

Para el presente proyecto se determinó el siguiente caudal medio diario:

$$Q_m = \frac{120 \times 162\,547}{86\,400} = 225,76 \text{ l/s}$$

2.1.7.2. Caudal máximo diario

Es el producto de multiplicar el caudal medio diario por un factor de día máximo que oscile entre los valores de 1,2 - 1,5, con este dato se diseñan las líneas de conducción por gravedad, considerando las Normas de Diseño para Acueductos Rurales de UNEPAR; las cuales establecen:

- 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes
- 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes

Debido a que la población de Retalhuleu es mayor a 1 000 habitantes se designará un valor de 1,2 para el FDM.

$$Q_c = Q_m \times \text{FDM}$$

Donde:

Q_c = caudal de conducción o caudal máximo diario

Q_m = caudal medio o consumo medio diario

FDM = factor de día máximo

El caudal de conducción para el municipio de Retalhuleu es el siguiente:

$$Q_c = 225,76 \times 1,2 = 270,91 \text{ l/s}$$

2.1.7.3. Caudal máximo horario

El consumo máximo horario se determina multiplicando el caudal medio diario por un factor de hora máximo que oscila según Normas de UNEPAR

entre 2,2 – 2,5 dependiendo del número de habitantes, con este caudal se diseñan las redes de distribución y se define como el consumo máximo en una hora al día, observado en un año:

- 2,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes
- 2,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes

Se asume un factor de hora máximo de 2,2, ya que la población existente en Retalhuleu es mayor a los 1000 habitantes.

$$Q_d = Q_m \times FHM$$

Donde:

Q_d = caudal máximo horario o caudal de distribución

Q_m = caudal medio o consumo medio diario

FHM = factor de hora máximo

El caudal de distribución para el municipio de Retalhuleu es el siguiente:

$$Q_d = 225,76 \times 2,2 = 496,67 \text{ l/s}$$

2.1.8. Diseño hidráulico de los componentes

Las normas de diseño fijan todos los parámetros y variables técnicas que deben ser consideradas en el diseño del proyecto, establecen las fórmulas y especificaciones especiales.

2.1.8.1. Coeficientes y diámetros de tubería

Para garantizar que el sistema preste un servicio eficiente y continuo durante el período de vida útil, se debe determinar el diámetro óptimo de las tuberías, a través del cálculo hidráulico con las fórmulas ya sea de Darcy-Weisbach o Hazen & Williams. Para el diseño de este proyecto se usará la segunda mencionada debido a que se obtienen resultados más confiables.

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times H_f}}$$

Donde:

H_f = pérdida de carga (m)

Q = caudal en la tubería (l/s)

L = longitud de la tubería (m)

C = coeficiente de rugosidad en la tubería

D = diámetro de la tubería (plg)

Cuando se emplea la fórmula de Hazen & Williams para el diseño hidráulico con tubería PVC, se puede utilizar un coeficiente de fricción que varíe entre 140-160, recomendándose un C = 140 cuando no se tienen datos exactos de la topografía y un C = 150 para levantamientos topográficos de primero y segundo orden. En el caso de tuberías de HG se recomienda un C = 100.

2.1.8.2. Diseño de captación

Se debe tener en cuenta el objetivo fundamental de la obra de arte a diseñar en la captación en donde principalmente es asegurar; bajo cualquier

condición, el flujo suficiente de agua en la tubería durante todo el año y la captación necesaria de agua para satisfacer la demanda de la población. El tipo de obra a construir será en función de las características de la fuente, en este proyecto se deberá construir un canal de captación.

2.1.8.3. Canal de la bocatoma

Se rediseñará la sección transversal de la toma con el fin de transportar el caudal óptimo. Se tiene una sección rectangular con las siguientes dimensiones; base de 1,25 metros y un tirante hidráulico de 0,75 metros. Para analizar hidráulicamente este elemento se calcula el caudal Q usando la fórmula de Manning.

Datos:

S = pendiente hidráulica = 1,23 %

n = coeficiente de rugosidad = 0,022 (suelo natural)

V_m = velocidad (m/s)

Q = caudal (m³/s)

$$R_h = \text{radio hidráulico} = \frac{by}{b+2y} = \frac{1,25 \cdot 0,75}{1,25 + 2(0,75)} = 0,34 \text{ m}$$

$$A = by = 1,23 \times 0,75 = 0,94 \text{ m}^2$$

Donde:

A = área de la sección del canal abierto (m²)

b = base de la sección (m)

y = tirante hidráulico (m)

$$V_m = \frac{1}{n} (Rh)^{2/3} (S)^{1/2}$$

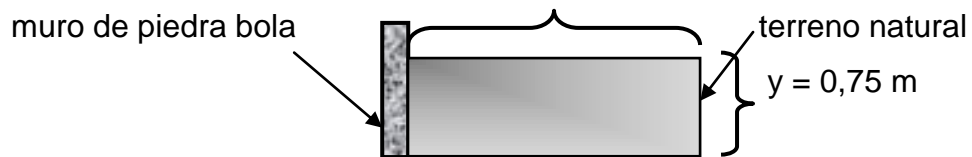
$$V_m = \frac{1}{0,022} (0,3409)^{2/3} (0,0123)^{1/2} = 2,46 \text{ m/s}$$

$$Q = V_m \times A$$

$$Q = 2,46 \times 0,94 = 2,31 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b = 1,25 \text{ m}$$

Figura 8. **Canal abierto**



2.1.8.4. **Clases de tuberías**

En sistemas de abastecimiento de agua potable son generalmente usadas las tuberías de polivinilo de cloruro (PVC) y de hierro galvanizado (HG). Debido a sus ventajas, la tubería de PVC está hecha de material plástico, es fácil de transportar e instalar, su rugosidad es mínima y es económica.

2.1.8.5. **Velocidades y presiones**

Las velocidades en las líneas de conducción por gravedad según normas de abastecimiento de agua potable UNEPAR recomiendan mantenerse entre estos límites:

$$0,30 \text{ m/seg} \leq v \leq 3 \text{ m/seg}$$

No debe sobrepasarse la presión de trabajo en la tubería, recomendándose trabajar con presiones menores a las de 90 metros columna de agua, cabe mencionar que la presión estática es la que corresponde a la presión que ejerce el agua dentro de la tubería cuando no hay consumo por parte de la población.

2.1.8.6. Diseño de la línea de conducción

La línea de conducción consta de 1 949 metros desde la captación hasta el tanque de distribución en la planta de tratamiento, que tiene una capacidad de 1 000 metros cúbicos. Se analizó que la diferencia de presiones entre la estación E00 (captación) con cota de terreno de 100 y la estación E28 (tanque de distribución) con cota de terreno de 73,11 es de 26,89 metros columna de agua de presión estática, por lo que cumple con el requerimiento de diseño siguiente:

$26,89 \text{ mca} \leq 110 \text{ mca}$ esta es la presión que resiste la tubería PVC (160 PSI).

Con base en esto, no es necesario colocar una caja rompe-presión ya que la presión existente es menor a la que resiste la tubería. A continuación se desarrolla el diseño de la línea de conducción de la ciudad de Retalhuleu:

| | |
|--------------------------|--------------------------------|
| Cota de terreno inicial | = 100 m |
| Longitud de tramo | = 1 949 m |
| Longitud de diseño | = $1\,949 + 5\% = 2\,046,45$ m |
| Cota de llegada | = 73,11 m |
| Carga disponible | = $100 - 73,11 = 26,89$ m |
| Caudal | = 300 l/s |
| Coeficiente de rugosidad | = 150 |

Utilizando la fórmula de Hazen & Williams se calcula el diámetro necesario para la tubería:

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times Hf}}$$

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 \times 2\,046,45 \times 300^{1,85}}{150^{1,85} \times 26,89}} = 14,66 \text{ pulgadas}$$

Donde:

$$Hf = 26,89 \text{ m}$$

$$Q = 300 \text{ l/s}$$

$$L = 2\,046,45 \text{ m}$$

$$C = 150$$

$$D = \text{diámetro de la tubería (pulgadas)}$$

El diámetro obtenido es teórico, por lo tanto se deben de considerar los dos diámetros comerciales cercanos a este, en este caso el superior y el inferior para determinar cuál de los dos produce menores pérdidas. Se utilizarán tuberías de $\varnothing = 15$ y $\varnothing = 12$ pulgadas.

$$\text{Diámetro interno uno } (\varnothing 15'') = 14,12'' \text{ (diámetro mayor)}$$

$$\text{Diámetro interno dos } (\varnothing 12'') = 11,77'' \text{ (diámetro menor)}$$

A continuación se procede a calcular las pérdidas de carga para cada uno de estos diámetros:

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| Diámetro interno uno | = 14,12" |
| Pérdida en la tubería a calcular | = Hf |
| Caudal de conducción | = 300 l/s |
| Longitud entre estación 00 y 28 | = 2 046,45 m |
| Coeficiente de rugosidad para PVC | = 150 |

$$Hf \varnothing 1 = \frac{1\,743,811 \times 2\,046,45 \times 300^{1,85}}{150^{1,85} \times 14,12^{4,87}} = 32,29$$

Para el cálculo de la pérdida de carga para el diámetro dos los datos son los mismos, pero con el diámetro dos igual a 11,77 pulgadas sustituyendo se obtiene:

$$Hf \varnothing 2 = \frac{1\,743,811 \times 2\,026,45 \times 300^{1,85}}{150^{1,85} \times 11,77^{4,87}} = 78,47$$

En este punto hay que hacer un chequeo; la pérdida de Hf $\varnothing 1$ debe ser menor a la carga disponible, y la pérdida de Hf $\varnothing 2$ debe ser mayor a esta; para este caso no se cumple la primera debido a que la carga disponible es de 26,89 metros menor a la pérdida calculada por el $\varnothing 1$, por lo que se procedió a aumentar el diámetro de la tubería para obtener una pérdida menor a la disponible, proponiendo un diámetro de $\varnothing 18$ pulgadas (diámetro interno uno = 16,62 pulgadas).

$$Hf \varnothing 1 = \frac{1\,743,811 \times 2\,046,45 \times 300^{1,85}}{150^{1,85} \times 16,62^{4,87}} = 14,64$$

Carga disponible > Carga por el \varnothing interno uno (26,89 > 14,64)

Se obtiene una pérdida menor a la carga disponible por lo que se utilizará este diámetro, por ser más económica para el proyecto. Con la tubería seleccionada de $\varnothing = 18$ pulgadas se procede a corroborar que la velocidad se encuentre dentro de los límites aceptables $0,30 \leq v \leq 3$ metros por segundos.

$$\text{Vel } \varnothing 1 = \frac{1\,974 \times Q}{D^2} = \frac{1\,974 \times 300}{(16,62)^2} = 2,14 \text{ m/s} \quad \text{Si cumple !!Ok}$$

Se procede a calcular las cotas piezométricas:

$$\text{Presión estática: } PE = NE - CT$$

$$PE = 100 - 73,11 = 26,89 \text{ m}$$

$$\text{Cota piezométrica: } CP = NE - H_f$$

$$CP = 100 - 14,64 = 85,36$$

$$\text{Presión dinámica: } PD = CP - CT$$

$$PD = 85,36 - 73,11 = 12,25 \text{ m}$$

Como se aprecia la cota piezométrica se encuentra arriba de la cota de terreno con una presión dinámica de 12,25 metros finalmente para concluir el diseño se calcularán los tubos necesarios en el proyecto. El diámetro que se obtuvo del diseño fue tubería de 18 pulgadas pero debido a que en la municipalidad contaban con diámetros de tubería existentes de 8 y 12 pulgadas se realizó el equivalente al caudal que se conduciría en una de 18 pulgadas.

$$\text{No. de tubos } \varnothing 12'' = \frac{\text{Longitud de tramo}}{6 \text{ m/tubo}} = \frac{339,59}{6 \text{ m/tubo}} = 57 \text{ tubos}$$

La cantidad de tubos que se necesitan entre la estación E-00 a E-28 o sea desde la captación en el río Tzununá hasta la planta de desinfección son:

$$\text{No. de tubos } \varnothing 8'' = \frac{\text{Longitud de tramo}}{6 \text{ m/tubo}} = \frac{1\,580,26}{6 \text{ m/tubo}} = 264 \text{ tubos}$$

Es importante mencionar que se encuentran actualmente dos tuberías de $\varnothing 12$ pulgadas de asbesto cemento en funcionamiento, por lo tanto solo se debe estimar cuanta más área se necesita para conducir el caudal deseado, haciendo el siguiente análisis. Área necesaria para conducir un caudal de 300 litros por segundo es de:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 18^2}{4} = 254,47 \text{ pulgadas cuadradas}$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 12^2}{4} = 113,09 \times 2 \text{ (ramales existentes)} = 226,20 \text{ pulg}^2$$

Por lo tanto harían falta $254,47 - 226,20 = 28,27$, donde se optó por colocar otras dos líneas paralelas de tubería de PVC de $\varnothing 12$ pulgadas que cubren dicha área faltante desde la presa Xelajú hasta la planta de tratamiento secundario, ahí se dividen en tres ramales de $\varnothing 8$ pulgadas los cuales se colocarán junto a los ramales de tubería de asbesto cemento existentes de $\varnothing 6$, 8 y 10 pulgadas.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 8^2}{4} = 50,27 \text{ pulg}^2 \times 3 = 150,80 \text{ pulg}^2$$

$$A_{6",8",10" \text{ tubería existente}} = \frac{\pi \times 6^2}{4} + \frac{\pi \times 8^2}{4} + \frac{\pi \times 10^2}{4} = 28,27 + 50,27 + 78,54$$

$$A_{6",8",10" \text{ tubería existente}} = 157,08 \text{ pulg}^2$$

Sumadas las dos áreas de la tubería existente más la tubería a colocar en total hacen $150,796 + 157,079 = 307,875$ pulgadas cuadradas lo cual cubre el área necesaria que es de 254,469 pulgadas cuadradas. Por tanto se estimó que la tubería calculada podrá transportar el caudal de diseño.

2.1.8.7. Válvulas

Todo fluido, al ser transportado por medio de tuberías, requiere un control de flujo, un sistema que impida su retorno y libere el exceso de presión cuando esta sobrepase los límites de seguridad. Para cumplir estas funciones se utilizan válvulas, se debe tener en cuenta su capacidad, la clase y temperatura del fluido, la clase y el tipo de tubería, la forma de realizar las conexiones, entre las válvulas que se utilizarán en el proyecto están las siguientes:

- Válvula de aire

Su función es extraer el aire que se acumula dentro de la tubería, es aconsejable colocarla después de una depresión y en partes altas donde el diseño hidráulico lo indique. De no hacer esto el aire acumulado provoca la reducción del flujo produciendo un aumento de pérdida de carga.

La válvula será de bronce adaptada para tubería y accesorios PVC protegida con una caja de mampostería y tapadera de concreto se colocaron dos válvulas de aire en las estaciones E8 y E27, ver hoja 11/19 y 13/19 del juego de planos del proyecto de conducción de agua potable.

- Válvula de limpieza

Son importantes para el buen mantenimiento y operación del sistema de conducción donde su finalidad es descargar los sedimentos acumulados que puedan afectar la tubería, conviene colocarlas en las partes más bajas del perfil hidráulico, en el proyecto se ubicaron en las estaciones E10 y E25 ver hoja 12/19 y 13/19.

- Válvula de compuerta

Son las válvulas de aislamiento de mayor uso en los sistemas de abastecimiento de agua potable, principalmente por su costo, disponibilidad y baja pérdida de carga cuando están totalmente abiertas. Se ubicaron en las estaciones E2 (entrada al desarenador), E6, E7 (entrada y salida a sedimentadores) y en E28 (entrada a la planta de tratamiento).

2.1.9. Elaboración de planos

Los planos elaborados, para el proyecto de la construcción del sistema de conducción de agua potable son los siguientes:

- Conjunto del sistema de conducción de Retalhuleu, hoja 1/19
- Conducción por canal abierto de E-0 a E-15 y E-0 a E-03, hoja 2/19
- Conducción por canal abierto de E-03 a E-12, hoja 3/19
- Conducción por canal abierto E-12 a E-23, hoja 4/19
- Conducción por canal abierto E-23 a E-41, hoja 5/19
- Conducción por canal abierto E-41 a E-51, hoja 6/19
- Conducción por canal abierto E-51 a E-61, hoja 7/19
- Conducción por canal abierto E-61 a E-71, hoja 8/19

- Conducción por canal abierto E-71 a E-84, hoja 9/19
- Detalle de paso transversal y empedrado entre E-38 a E-39, hoja 10/19
- Conducción por tubería pvc de E-00 a E-10, hoja 11/19
- Conducción por tubería pvc de E-10 a E-21, hoja 12/19
- Conducción por tubería pvc de E-21 a E-28, hoja 13/19
- Detalle de captación en la presa Xelajú, hoja 14/19
- Detalle de válvula de compuerta, hoja 15/19
- Detalle de conexión de tubería hacia canaleta parshall, hoja 16/19
- Detalle de válvulas de compuerta en planta Xelajú, hoja 17/19
- Detalle de válvulas de limpieza y aire, hoja 18/19
- Detalle de planta de desinfección en Bruselas, hoja 19/19

2.1.10. Elaboración de presupuesto

Es un documento que debe incluirse en el diseño de todo proyecto de ingeniería, ya que da a conocer al propietario si el mismo es rentable, posible y conveniente en su ejecución. Para el proyecto que se está diseñando se elaboró un presupuesto desglosado por renglones, en el desglose se separan cada uno de los componentes por unidades de ejecución, con el objeto de ordenarlos según su secuencia lógica.

Ya desglosado el proyecto se procede a asignarle una unidad de medida, luego se calculan todas las cantidades de trabajo de cada renglón por medio de una minuciosa cuantificación de materiales. El precio por unidad de medida o unidad de pago se obtiene de la integración del costo directo e indirecto. El costo indirecto está conformado por los imprevistos, la administración y la utilidad. El presupuesto se elaboró aplicando el criterio de precios unitarios, tomando como base el precio de los materiales de construcción del lugar y la mano de obra tanto calificada como no calificada.

Tabla III. Presupuesto del sistema de conducción

| No. | Descripción | Cantidad | Unidad | Precio | Subtotal |
|-----|--|----------|----------------|---------------|-----------------|
| 1 | PRELIMINARES | 1 | Global | Q.14 000,00 | Q. 14 000,00 |
| 2 | LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE EMBALSE A PLANTA DE FLOCULACIÓN | 339,59 | m | Q.1 818,60 | Q. 617 574,70 |
| 3 | LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE PLANTA FLOCULACIÓN A PLANTA BRUSELAS | 1 550,66 | m | Q.1 710,50 | Q. 2 652 346,10 |
| 4 | CAJAS DE VÁLVULAS DE AIRE Y LIMPIEZA | 10 | Unidad | Q.9 403,70 | Q. 94 037,00 |
| 5 | CONSTRUCCIÓN MURO CONCRETO ARMADO 136.17 m X 0.20 X 0.25 | 136,17 | m | Q. 192,30 | Q. 26 182,00 |
| 6 | CONSTRUCCIÓN MURO CICLÓPEO 119.10 m X 1.50 Alto X 0.50 Ancho | 119,10 | m | Q. 827,70 | Q. 98 585,50 |
| 7 | CONSTRUCCIÓN MUROS DE CONCRETO + MUROS DE CARGA 60 m x 0.20 x 0.30 | 60 | m | Q. 250,20 | Q. 15 009,50 |
| 8 | CONSTRUCCIÓN DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN | 1 000 | m ³ | Q. 1 091,70 | Q.1 091 722,20 |
| 9 | CAJA DE CAPTACIÓN DE AGUA PRESA XELAJÚ | 1 | Unidad | Q. 43 166,50 | Q. 43 166,50 |
| 10 | CAJAS DE VÁLVULAS DE COMPUERTA ENTRADA A DESARENADOR | 1 | Unidad | Q. 71 391,00 | Q. 71 391,00 |
| 11 | AMPLIACIÓN DE CAJA DE EMBALSE EN DESARENADOR | 1 | Unidad | Q. 13 096,00 | Q. 13 096,00 |
| 12 | CAJAS DE VÁLVULAS DE COMPUERTA ENTRADA PLANTA DE XELAJÚ | 1 | Unidad | Q. 113 580,50 | Q. 113 580,50 |
| 13 | CAJAS DE VÁLVULAS DE COMPUERTA SALIDA PLANTA DE XELAJÚ | 1 | Unidad | Q.60 083,00 | Q. 60 083,00 |
| 14 | AMPLIACIÓN CANALETA PARSHALL | 1 | Unidad | Q. 8 555,00 | Q. 8 555,00 |
| 15 | 3 CAJAS DE VÁLVULAS DE COMPUERTA EN TUBERÍA EXISTENTE FINCA BRUSELAS | 3 | Unidad | Q. 47 681,10 | Q. 47 681,10 |

Continuación de la tabla III.

| | | | | | |
|---|--|---|--------|-----------------|------------------------|
| 16 | CAJA DE VÁLVULA DE COMPUERTA EN FINCA BRUSELAS ÁREA DE FILTROS | 1 | Unidad | Q. 37 989,90 | Q. 37 989,90 |
| 17 | COSTOS INDIRECTOS | 1 | Global | Q. 1 005 000,00 | Q. 1 005 000,00 |
| TOTAL DEL PROYECTO (NO INCLUYE EL COSTO DE LA SUPERVISIÓN) | | | | | Q. 6 010 000,00 |

Fuente: elaboración propia.

2.1.11. Cronograma de ejecución

Es parte complementaria del diseño, se indican los renglones de trabajo y el tiempo en meses que tardará cada rubro en ejecutarse y por consiguiente el tiempo total en que se llevará a cabo el proyecto, aprovechando las condiciones de cada época y la disponibilidad de la mano de obra local.

Tabla IV. Cronograma de ejecución

| ACTIVIDAD | MES 1 | | | | MES 2 | | | | MES 3 | | | | MES 4 | | | | MES 5 | | | |
|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| PRELIMINARES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE EMBALSE A PLANTA DE FLOCULACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE PLANTA FLOCULACIÓN A PLANTA BRUSELAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAJAS DE VÁLVULAS DE AIRE Y LIMPIEZA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONSTRUCCIÓN MURO DE CONCRETO ARMADO 136,17 x 0,20 x 0,25 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONSTRUCCIÓN MURO CICLÓPEO 119,10 x 1,50 ALTO x 0,50 ANCHO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Continuación de la tabla IV.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| CONSTRUCCIÓN TANQUE DE DISTRIBUCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONSTRUCCIÓN CAJA DE CAPTACIÓN DE AGUA PRESA XELAJÚ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONSTRUCCIÓN DE CAJAS PARA VÁLVULAS DE COMPUERTA ENTRADA A DESARENADOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AMPLIACIÓN DE CAJA DE EMBALSE EN DESARENADOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE VÁLVULAS DE COMPUERTA ENTRADA A PLANTA XELAJÚ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE VÁLVULAS DE COMPUERTA SALIDA DE PLANTA XELAJÚ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AMPLIACIÓN CANALETA PARSHALL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 CAJAS DE VÁLVULAS DE COMPUERTA EN TUBERÍA EXISTENTE BRUSELAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CAJA DE VÁLVULA DE COMPUERTA EN FINCA BRUSELAS ÁREA DE FILTROS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ADMINISTRACIÓN + SUPERVISIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

2.1.12. Programa de operación y mantenimiento

El programa tiene como objetivo dar a conocer al personal municipal una forma adecuada de operación y mantenimiento de la línea de conducción de agua. Para poder establecerlo, es necesario mencionar el personal con que se cuenta y sus funciones, a continuación se muestra la tabla donde aparecen las actividades diarias, mensuales, trimestrales y anuales que requiere el sistema a lo largo de su funcionamiento.

2.1.12.1. Importancia de la operación del sistema

El sistema de agua se puede comparar con una máquina, donde el buen funcionamiento depende de que sus partes funcione bien. Existen tres razones importantes para efectuar la operación:

- La cantidad y calidad del agua de las fuentes, constituyen el primer factor para el buen funcionamiento del sistema.
- Un tanque lleno es la primera condición para que llegue hasta los lugares más altos y apartados de la comunidad.
- La presión del agua se logra con el manejo de válvulas. El abrir o cerrar las válvulas permiten que se acumulen presiones suficientes en la tubería para que el agua llegue a todas las conexiones del sistema.

2.1.12.2. Importancia del mantenimiento del sistema

Existen dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

El mantenimiento preventivo se entenderá como todas las acciones y actividades que se planifiquen y realicen para que no aparezcan daños en el equipo e instalaciones del sistema de agua.

El mantenimiento correctivo son todas las acciones que se ejecutan para reparar daños en el equipo e instalaciones, ya sean estos causados por

accidentes o deterioro a causa del uso. Para que un sistema de agua potable sea sostenible durante el período de diseño, se requiere de un fondo. Este se cubre al establecer una tarifa por cada uno de los usuarios, determinándola con base en los costos de operación, mantenimiento, tratamiento, administración y reserva.

2.1.12.3. Estudio tarifario

La tarifa es una determinación del valor, que resulta de la distribución de los ingresos requeridos entre el número de usuarios del servicio.

- Costo de operación (Co)

Este costo representa el pago de los operadores con sus ayudantes por revisión cuidadosa de la tubería, estimando para ello que recorrerá 3 Km de línea al día, asimismo se contempla un factor que representa las prestaciones laborales como aguinaldo, bonificación anual e indemnización.

$$Co = \left[\frac{1\,500 \times 12 \times 1,57}{12} \right] \times 13 \text{ operadores} =$$

$$Co = Q. 30\,615,00 / \text{mes}$$

- Costo de mantenimiento (Cm)

Este costo servirá para la compra de accesorios o materiales cuando los que estén instalados sean necesarios cambiarlos o para ampliación del mismo. Incluyendo los costos por energía eléctrica de la planta. Se estima como el 8 por millar del costo total del proyecto.

$$C_m = \left[\frac{0,008 \times 5\,998\,338}{12} \right] =$$

$$C_m = Q. 3\,998,90$$

$$C_m = Q. 4\,000,00 / \text{mes}$$

- Costo de tratamiento (Ct)

Este costo servirá para la compra de gas cloro, para la desinfección del agua, el cual se hará mensualmente. Se emplean aproximadamente al mes 10 cilindros de gas cloro de 150 libras, en donde el proceso de llenado tiene un costo de Q. 850/cilindro.

$$C_t = 10 \text{ cilindros} \times Q. 850,00/\text{cilindro} = Q. 8\,500,00 / \text{mes}$$

$$C_t = Q. 8\,500,00 / \text{mes}$$

- Costo de administración (Ca)

El costo de administración representa el fondo que servirá para gastos de papelería, sello, viáticos, etc. Se estima que es el 15 por ciento de la suma de los tres costos anteriores.

$$C_a = 15\% (C_o + C_m + C_t)$$

$$C_a = 0,15 \times (30\,615 + 4\,000 + 8\,500) = 0,15(43\,115) = Q. 6\,467,25 / \text{mes}$$

- Tarifa (T)

La tarifa calculada es la suma de los costos anteriores, dividido el número de conexiones domiciliarias.

$$T = (30\ 615 + 4\ 000 + 8\ 500 + 6\ 467,25) / 7\ 500 =$$

$$T = 49\ 582 / 7500 = Q. 6,60 / \text{mes}$$

Por lo tanto se propone una tarifa mensual de Q. 10,00 por conexión domiciliar.

2.1.12.4. Programa de mantenimiento

El encargado de mantenimiento debe ser un fontanero, quién realizará inspecciones periódicas a todos los componentes físicos del sistema para garantizar su adecuado mantenimiento. Entre las actividades más comunes del fontanero están:

- Mantener limpia el área donde se localiza la fuente de abastecimiento.
- Velar por el buen estado de todas las obras complementarias.
- Efectuar reparaciones necesarias.
- Detectar posibles fugas cuando se registra continuamente insuficiencia.
- Desinfectar el tanque de distribución por lo menos dos veces al año.
- Verificar el buen funcionamiento del hipoclorador.

Es importante mencionar que ningún sistema de agua potable funcionará adecuadamente sin la supervisión del elemento humano. El sistema cuenta con el siguiente personal:

- Jefe de operadores: esta persona depende directamente del jefe de Aguas y Drenajes y sus funciones son las siguientes:
 - Supervisar las funciones de todos los que laboran en el sistema.
 - Revisar diariamente todos los trabajos que se realizan.

- Llevar un control exacto de todas las sustancias químicas que se utilizan, así como la existencia de los mismos en bodega, hacer los pedidos en valores recomendados cuando éstos disminuyan, así como la herramienta y equipo requerido para la operación del sistema.
 - Velar por el buen funcionamiento y estado físico de cada elemento desde la captación hasta los tanques de distribución.
 - Organizar los turnos de trabajo de los operadores subalternos.
 - Ejemplificar procedimientos rotando su permanencia en horas del día y de noche.
- Operadores de la planta: dependen directamente del jefe de operadores y sus funciones son las siguientes:
 - Velar por la buena operación de la planta.
 - Realizar la dosificación de sulfato de aluminio basados en el caudal de entrada y turbidez del agua, anotando la hora y la dosificación.
 - Anotar cualquier variación en la calidad del agua.
 - Comunicar al jefe de operadores cualquier anomalía en la operación de la planta.
 - Conocer y operar en forma correcta los equipos y reactores de la planta como los dosificadores de sulfato de aluminio, cloro, etc.
 - Velar por la conservación y uso apropiado de la planta.
 - Cumplir a cabalidad con los turnos y actividades previamente establecidos por el jefe de operadores.
- Ayudantes de planta: dependen directamente del jefe de operadores y sus funciones son las siguientes:

- Realizar todos los trabajos de mantenimiento y limpieza de los elementos del sistema, incluyendo el desarenador.
- Hacer las reparaciones o trabajos varios requeridos.
- Vigilante de bocatoma: depende directamente del jefe de operadores y sus funciones son las siguientes:
 - Cumplir a cabalidad con los turnos y actividades previamente establecidos por el jefe de operadores.
 - Comunicar al jefe de operadores cualquier anomalía en la operación de la planta.

Tabla V. **Programa de mantenimiento**

| En la captación | | |
|--|--------------------------------|------------------------|
| ACTIVIDAD | FRECUENCIA | PERSONAL REQUERIDO |
| Limpieza periódica, desazolvar, sacar arena, quitar maleza y basura. | En época seca, semanalmente | VIGILANTE DE CAPTACIÓN |
| Revisar estructura, las rejillas y la caja. | En época lluviosa cada 15 días | |
| Revisión del río aguas arriba por cualquier contaminación. | | |
| Línea de conducción | | |
| Abrir válvulas de paso para extracción de aire | Diariamente | AYUDANTE |
| Revisión completa y apertura de válvulas de limpieza | Cada 6 meses | |

Continuación de la tabla V.

| Unidades de dosificación de sulfato de aluminio | | |
|---|-------------------------------|--|
| Lectura de caudal (PARSHALL) revisión de dosificación, ver hoja de registro. | Cada hora | OPERADOR DE PLANTA |
| Revisión de existencia de sulfato de aluminio. | Diariamente | OPERADOR DE PLANTA |
| Reportar en caso de poca existencia y limpieza del conducto de sulfato de aluminio al Parshall. | | |
| Revisión electromecánica de las bombas que alimentan a los dosificadores. | Mensualmente | ELECTROMECAÁNICO (Subcontrato) |
| Calibración de dosificadores. | Semestralmente (cada 6 meses) | OPERADOR DE PLANTA O INGENIERO ENCARGADO |
| Desmontaje de dosificadores, revisión completa. | Anualmente | ELECTROMECAÁNICO (Subcontrato) |

| Canaleta parshall y floculadores | | |
|--|---|--------------------------------|
| Lavado y revisión de sus paredes en caso de deterioro. | Trimestralmente (cada 3 meses) | JEFE DE OPERADORES Y AYUDANTES |
| Sedimentadores y tanques de compensación | | |
| Limpieza de la superficie del agua. | Diariamente | OPERADOR DE PLANTA Y AYUDANTES |
| Vaciado y limpieza manual completa, revisión de compuertas de entrada y aplicación de pintura si es necesario, revisión de cierre hermético de válvulas de lodo en drenaje; aplicación de sulfato de cobre si hay algas. | En época seca, mensualmente; en época de lluvia, quincenalmente o menos | OPERADOR DE PLANTA Y AYUDANTES |
| Vaciado y limpieza manual completa; reparación de paredes; pintura. | Anualmente | OPERADOR DE PLANTA Y AYUDANTES |

Continuación de la tabla V.

| Filtros rápidos a presión | | |
|--|----------------|---|
| Lavado y revisión. | Diariamente | OPERADOR DE FILTROS |
| Extracción de arena, lavado, aplicación de pintura en paredes interiores y exteriores, a las dos baterías. | Cada dos años | SUBCONTRATO DE EMPRESA CALIFICADA |
| Unidad de cloración | | |
| Control y ubicación de fugas en clorador, cilindro y líneas de cloro. | Diariamente | OPERADOR DE PLANTA DE TRATAMIENTO |
| Regulación del rango de alimentación en lbs/24 horas. | | |
| Revisión de cloro residual en la red. | Cada 6 meses | JEFE DE OPERADORES Y OPERADOR DE PLANTA |
| Revisión y limpieza de clorador completa. | Cada 3 meses | JEFE DE OPERADORES Y OPERADOR DE PLANTA |
| Tanques de distribución | | |
| Lavado y aplicación de hipoclorito de calcio. | Semestralmente | OPERADOR DE PLANTA Y AYUDANTES |
| Todas las estructuras | | |
| Limpieza de paredes; revisión y reparación de cielos, losas y tortas; revisión de posibles fugas en llaves y válvulas. | Cada 3 meses | OPERADOR DE PLANTA Y AYUDANTES |
| Limpieza y revisión de paredes, conexiones eléctricas, chapeo, pintura, otras actividades de menor importancia. | Mensualmente | OPERADOR DE PLANTA Y AYUDANTES |

Fuente: elaboración propia.

Recomendaciones para el mantenimiento preventivo

- Durante el invierno, visitar la fuente de agua dos veces al mes, para detectar desperfectos y el estado de limpieza.
- Limpiar la fuente de maleza y vegetación, tierra, piedra o cualquier otro material que dé lugar a obstrucción o represente peligro de contaminación en el agua.
- La caja de captación deberá revisarse a cada dos meses teniendo cuidado que no existan rajaduras, filtraciones y que las tapaderas de visita estén en su respectivo lugar y en buen estado.
- Si existiera empozamiento de agua, deberá hacer canales de desagüe para drenar el agua y evitar contaminación.
- En la línea de conducción observar si hay deslizamiento o hundimiento de tierra.
- Chequear si existen áreas húmedas sobre la línea; si es así, explorar la línea enterrada para controlar posibles fugas de agua.
- Abrir las válvulas de lodo para evitar los sedimentos existentes.
- Revisar el buen funcionamiento de las válvulas, abrir y cerrarlas lentamente para evitar el golpe de ariete.
- Observar que no haya fuga, ruptura o falta de limpieza en las válvulas.

- Realizar inspecciones cada tres meses y observar que el tanque de distribución no tenga grietas o filtraciones.
- Revisar que la escalera que conduce a la parte superior, se encuentre en buenas condiciones y verificar que el tanque esté limpio y con suficiente agua.
- Vigilar que las válvulas de limpieza, tubos de salida y distribución se encuentren en buen estado.
- Para la reparación de la tubería de HG en caso de fuga por rotura, hay que excavar un metro a la izquierda y un metro a la derecha, luego cortar el tubo, quitar el pedazo dañado, hacer una rosca con la tarraja, seleccionar o hacer el niple según, ponerle una camisa dependiendo el diámetro de la tubería y una unión universal; usar pegamento o cinta teflón.

2.1.13. Evaluación de impacto ambiental

El impacto ambiental es una serie de alteraciones favorables o desfavorables en el medio ambiente originado por una acción, en este caso la construcción de una línea de conducción. Para conocer si la alteración es favorable o desfavorable se debe realizar una evaluación, que es un procedimiento capaz de garantizar un examen sistemático de los efectos ambientales de una acción propuesta y de sus alternativas.

Identifica los efectos positivos y negativos del proyecto sobre el ambiente, a la salud y a los cuerpos de agua. Se ha considerado debido a que existe conciencia de la necesidad de proteger el ambiente y los recursos naturales.

2.1.13.1. Instrumentos de la evaluación de impacto ambiental

La evaluación ambiental inicial permite definir los efectos para poder determinar si un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, por sus características, puede producir deterioro a los recursos naturales renovables.

El estudio de evaluación de impacto ambiental, es un componente fundamental en la evaluación ya que implica la predicción de efectos sobre el sistema ambiental. Al realizarlo en un proyecto u obra se llega a obtener una ponderación o valoración cualitativa o cuantitativa, que promueve la formulación de acciones para minimizar los impactos negativos o sea las medidas de mitigación y optimizar los positivos para el monitoreo y control ambientales.

Entre las medidas de mitigación se pueden mencionar las siguientes:

- Evitar el impacto por no ejecución de la acción
- Disminuir el impacto al limitar su magnitud
- Rectificar el impacto al restaurar o rehabilitar el ambiente
- Eliminar el impacto con acciones de protección y mantenimiento

La evaluación de impacto social es un proceso de evaluación y estimación de las consecuencias sociales y culturales ante cualquier proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad.

Por último, el diagnóstico ambiental es el que se efectúa sobre una obra o actividad existente y, por consiguiente, los impactos son determinados mediante sistemas de evaluación, basados en muestreos y mediciones directas. Los

proyectos, obras, industrias o actividades se clasificarán de forma taxativa en tres diferentes categorías básicas A, B (B1 y B2) y C tomando como referencia, el Estándar Internacional del Sistema, Código Internacional Industrial Uniforme (CIIU) de todas las actividades productivas.

La tabla VI muestra las diferentes categorías en que se encuentran divididos los proyectos de acuerdo al rango de impacto ambiental o riesgo que posean.

Tabla VI. **Riesgos ambientales según categorías del CIIU**

| Categoría (forma taxativa) | Impacto ambiental potencial o riesgo ambiental |
|----------------------------|--|
| A | Alto |
| B | Moderado |
| B1 | Moderado a alto |
| B2 | Moderado a bajo |
| C | Bajo |

Fuente: HIDALGO, Selvin Ariel. *Diseño de la rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua y diseño de un módulo de aulas para la escuela oficial rural mixta de la aldea Chirijox del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán*, departamento de Sololá. p.139.

Para el proyecto de la ampliación del sistema de conducción del municipio de Retalhuleu se debe tener en cuenta la remoción de capa vegetal al momento de abrir la zanja de la tubería.

2.1.14. Evaluación socioeconómica

La evaluación del proyecto determina su capacidad de auto-sostenimiento, al realizar un balance entre ingresos, costos de operación, mantenimiento del sistema y el costo del capital que se usa en la construcción y supervisión, lo que garantizará su funcionamiento sostenible durante el período de diseño.

2.1.14.1. Valor Presente Neto (VPN)

La Municipalidad de Retalhuleu invertirá Q. 5 998 338,00 en la ejecución del proyecto de la línea de conducción de agua potable para la ciudad. De mantenimiento se invierte mensualmente la cantidad de Q. 47 281,60, se estima tener los siguientes ingresos: el derecho de concesión del servicio de un canon que corresponde a un solo pago de Q. 900,00. También se cobrará la tarifa mensual por vivienda de Q. 10,00 y son 7 500 conexiones actuales. El objeto de obtener el presente neto es calcular una cantidad actual de dinero y concluir si trae ganancias o pérdidas.

El concepto de Valor Presente Neto es un indicador que mide la recuperación de la inversión del proyecto, con valores actualizados tanto de ingresos/beneficios como de los costos, la actualización se realiza a una tasa de interés del 12 por ciento aceptada para proyectos de inversión social, al final de los 21 años de la vida útil del proyecto; a continuación se presentan los costos del proyecto de la línea de conducción de agua potable para la ciudad de Retalhuleu.

Datos:

Inversión inicial: Q. 5 998 338,00

Costo anual de operación y mantenimiento: Q. 567 379,32

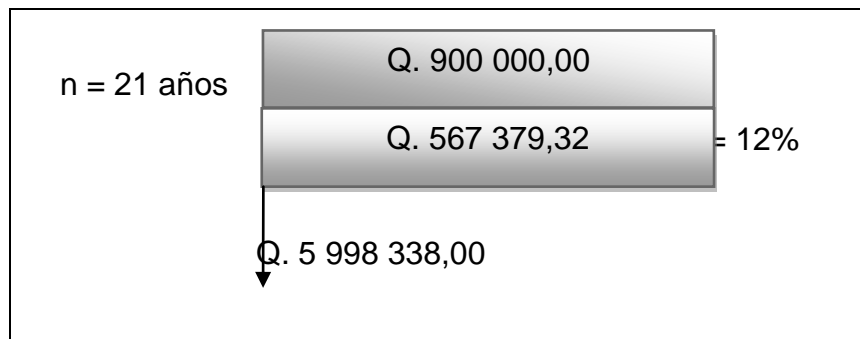
Cuota de ingresos anual proveniente de la tarifa mensual:

$$Q. 10,0 \times 7\,500 \times 12 = Q. 900\,000,00$$

Vida útil del proyecto: 21 años

Tasa de interés: 12 por ciento

Figura 9. **Diagrama de flujo del proyecto de conducción de agua potable**



Fuente: elaboración propia.

Utilizando el signo negativo para los egresos y positivo para los ingresos, se tiene:

$$VPN = -\text{inversión inicial} - \text{costos anuales} \times (1 + \text{tasa de interés})^{21} + \text{ingresos anuales} \times (1 + \text{tasa de interés})^{21}$$

$$VPN = - Q.5\,998\,338,00 - Q.567\,379,32(1 + 0,12)^{21} + Q.900\,000,00(1 + 0,12)^{21}$$

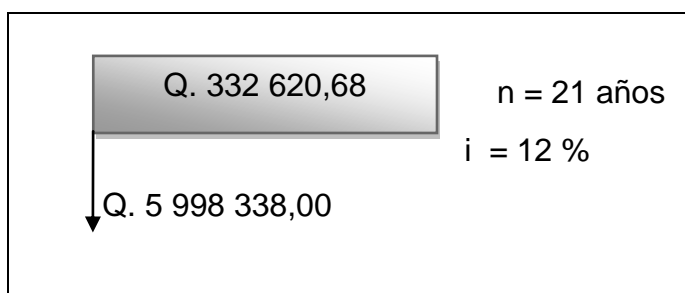
$$VPN = - Q.5\,998\,338,00 - Q.6\,129\,880,08 + Q.9\,723\,463,44 = - Q.2\,404\,754,64$$

Se puede observar que el Valor Presente Neto calculado es negativo, debido a que la inversión inicial es demasiado alta y los ingresos no reponen a lo largo del tiempo lo invertido. Por lo que en término teórico matemático no es recomendable aceptar el proyecto debido a que existe mayor pérdida que ganancia. Es importante mencionar que este es un proyecto de beneficio social por lo tanto es no lucrativo.

2.1.14.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

El TIR es la tasa a la cual el Valor Presente Neto es igual a cero. Para encontrar este valor se compara el VPN a la tasa del doce por ciento que da un VPN positivo con una tasa de descuento que resulta en un VPN negativo para luego interpolar a la TIR. En la gráfica se observa que los egresos e ingresos se encuentran en el mismo tiempo, por lo que se puede simplificar la gráfica de la siguiente manera:

Figura 10. Diagrama simplificado de flujo del proyecto de agua potable



Fuente: elaboración propia.

Después de esto se procede a plantear y solucionar la fórmula de la tasa interna de retorno (TIR).

- Si se utiliza una tasa de interés del 12 por ciento

$$VPN = -Q. 5\,998\,338,00 + Q. 332\,620,68(1 + 0,12)^{21} = -Q. 2\,404\,754,64$$

- Si se utiliza una tasa de interés del 15 por ciento

$$VPN = -Q. 5\,998\,338,00 + Q. 332\,620,68(1 + 0,15)^{21} = Q. 262\,088,12$$

Se utiliza interpolación matemática, para encontrar la tasa de interés deseada.

$$\left(\begin{array}{l} 12\% \text{-----} - Q. 2\,404\,754,64 \\ \text{TIR} \text{-----} Q. 0,00 \\ 15\% \text{-----} + Q. 262\,088,12 \end{array} \right)$$

$$\frac{12 - \text{TIR}}{12 - 15} = \frac{-Q. 2\,404\,754,64}{-Q. 2\,404\,754,64 - Q. 262\,088,12}$$

$$\text{TIR} = 14.71 \text{ por ciento}$$

Por lo anterior, se tiene entonces que la tasa interna de retorno es de = 14,71 por ciento. Analizando la tasa obtenida es mayor que la tasa de descuento en este caso del 12 por ciento, esto indica que el proyecto es rentable dado que permite un margen, que es la diferencia entre ambas tasas.

2.2. Diseño del Instituto Mixto Básico por Cooperativa para el caserío Vaquilito del municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu

Vaquilito posee instalaciones educativas existentes para el área de primaria no teniendo para el nivel básico, debido a esta necesidad surge el planteamiento de esta planificación que será de beneficio para la comunidad.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar un edificio escolar de dos niveles que cumpla con todos los requerimientos necesarios para satisfacer las necesidades de la comunidad. Contará con servicios de agua potable, drenajes, energía eléctrica y se diseñarán los siguientes ambientes:

Primer nivel

- Tres aulas (que contarán con un panel intermedio plegable para convertirlas en un salón de usos múltiples).
- Dirección.
- Módulo de gradas.
- Servicios sanitarios de mujeres y hombres.

Segundo nivel

- Tres aulas con una capacidad para 36 alumnos cada una.
- Biblioteca.
- Bodega.

Su estructura interna se diseñará con marcos rígidos y losas planas de concreto reforzado cumpliendo las Normas del ACI 318-99 capítulo 6 y 7 que rigen estas estructuras. La planta del edificio escolar consta de dos módulos debido a la asimetría que presenta, divididos por una junta de dilatación para mejorar la rigidez de la estructura y así evitar posibles fallas en los elementos estructurales al momento de un sismo.

2.2.1.1. Visita preliminar

El terreno en el cual se va a construir el Instituto Básico por Cooperativa consta de un área de 428,40 metros cuadrados ubicado en la comunidad rural Vaquilito perteneciente al municipio de Retalhuleu, en donde la topografía es quebrada ondulada; colinda al oeste con el río Bolas, al este con la escuela primaria, se observó que debe realizarse un refuerzo perimetral debido al río que limita dicho terreno.

2.2.1.2. Normas de diseño de edificios educativos

Para la distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplicaron las normas contenidas en el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación. Entre los criterios generales que se tomaron en cuenta están la ubicación del terreno, altura de las ventanas, iluminación, acabados entre otros.

Para un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno se debe cumplir que el área construida en el primer nivel no exceda del 40% del área total del terreno. La correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación de todos los ambientes del edificio.

La orientación de las ventanas será de norte a sur, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir las ventanas bajas. La altura del edificio no debe exceder de tres niveles, tratando de ubicar los talleres y laboratorios en el primer nivel, para el proyecto en estudio se dispondrá un edificio de dos niveles con una altura de 3,00 metros cada uno. Para lograr lo anterior es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- La iluminación debe ser abundante y uniformemente distribuida, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados.
- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
- Un local pequeño recibe mejor ventilación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
- Los acabados más brillantes permiten una mejor reflexión de luz y como resultado una mejor iluminación.

Existen dos tipos de iluminación: artificial y natural. La natural debe proporcionar luz pareja y uniforme en todos los puntos del área sin incidencia de rayos solares, conos de sombras y reflejos. Por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. La iluminación natural unilateral, el área de ventanas debe ser del 25 al 30 por ciento del área de piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro y no debe estar a menos de una distancia de 2,5 veces la altura del muro donde están las ventanas.

La iluminación natural bilateral, las ventanas en los muros del fondo ayudarán a mejorar las condiciones de iluminación, siempre y cuando éstas den

al exterior. Esta iluminación será la utilizada en el instituto. Para el caso de la iluminación natural cenital las ventanas son colocadas en el techo del aula, considerando como área de ventanas entre un 15 y 20 por ciento del área total del piso. La iluminación artificial se usará como apoyo a la natural, el edificio contará con un sistema eléctrico.

Entre otros criterios, la ventilación es importante para el desarrollo de la educación, debe ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire. El color es uno de los elementos que ayudan a la optimización de la iluminación natural, recomendándose el uso de colores cálidos en ambientes donde hay poca luz solar y deben dar un efecto tranquilizante.

El confort acústico es positivamente otro criterio a considerar, pues los ambientes deben ser tranquilos para que influyan en el estado anímico de los estudiantes. No deben existir interferencias sonoras entre los ambientes; para prevenir ruidos que provengan del exterior, considerando las siguientes previsiones:

- Para que no interfieran los ruidos del exterior, ubicar el establecimiento en zonas tranquilas, pero de no ser posible, se deben orientar sus ventanas donde el viento se lleve los ruidos.
- Para prevenir la interferencia entre ambientes, separar los ambientes ruidosos de los tranquilos.
- Para disminuir el ruido interno del ambiente, construir con materiales porosos, ya que éstos absorben el ruido.

Se diseñará un edificio educativo de seis aulas teóricas, cuya función es proveer a 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, atendiendo las siguientes recomendaciones generales:

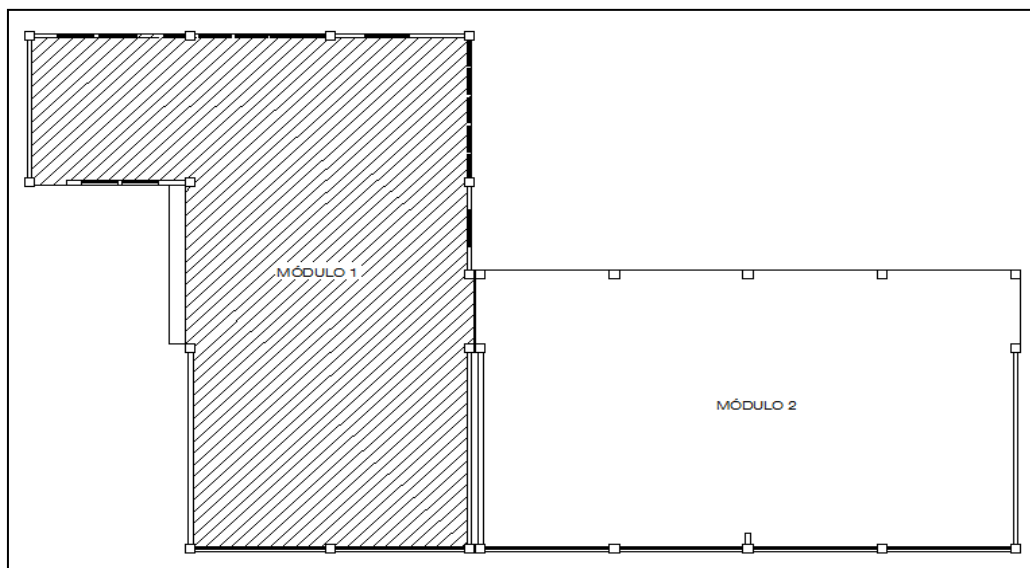
- La capacidad óptima en el nivel básico es de 30 alumnos, permitiendo un máximo de 40.
- El área óptima para cada alumno es de 1,50 metros cuadrados, aceptando como mínimo 1,30 metros cuadrados.
- La forma del aula puede ser cuadrada o rectangular, se recomienda que el lado mayor no exceda 1,5 veces el lado menor, condición que cumplen la aulas del instituto en diseño.
- 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 metros, y el ángulo horizontal de visión de un alumno sentado, será como máximo de 30 grados.
- Tendrá instalaciones eléctricas y de fuerza, con luminarias adecuadas que proporcionen iluminación artificial abundante y constante. De estas condiciones se deducen las características físicas necesarias que debe reunir la edificación escolar.

2.2.1.3. Distribución arquitectónica

Esta distribución se optó con el fin de darle al edificio una forma adecuada a los ambientes, para obtener un lugar cómodo y funcional. Se diseñó de acuerdo con las necesidades presentadas por la comunidad educativa.

El edificio escolar debido a su asimetría, se encuentra dividido en dos módulos (ver figura 11) contando cada uno con su primero y segundo nivel, habiéndose dividido el segundo nivel por tres aulas con corredor, biblioteca y bodega. El primer nivel se distribuyó en tres aulas, dirección, módulo de gradas y servicios sanitarios de mujeres y hombres.

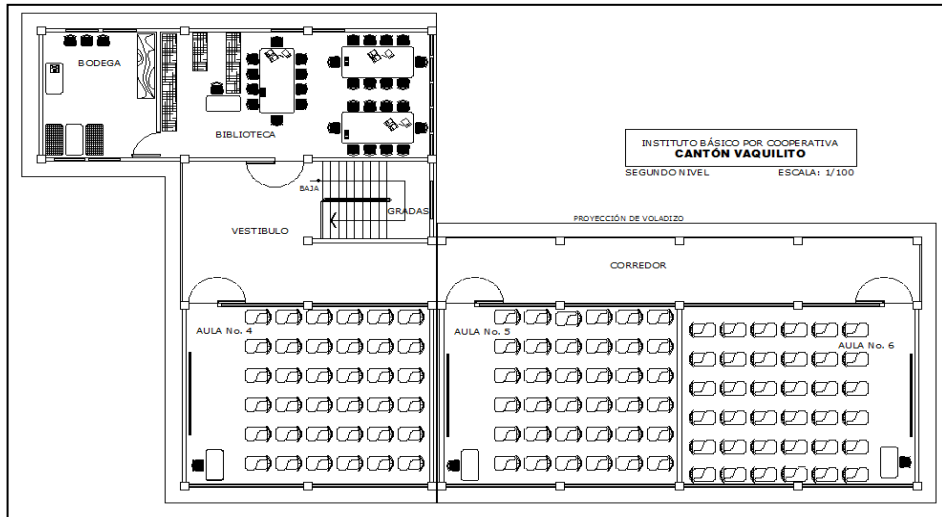
Figura 11. Edificio escolar con sus dos módulos



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

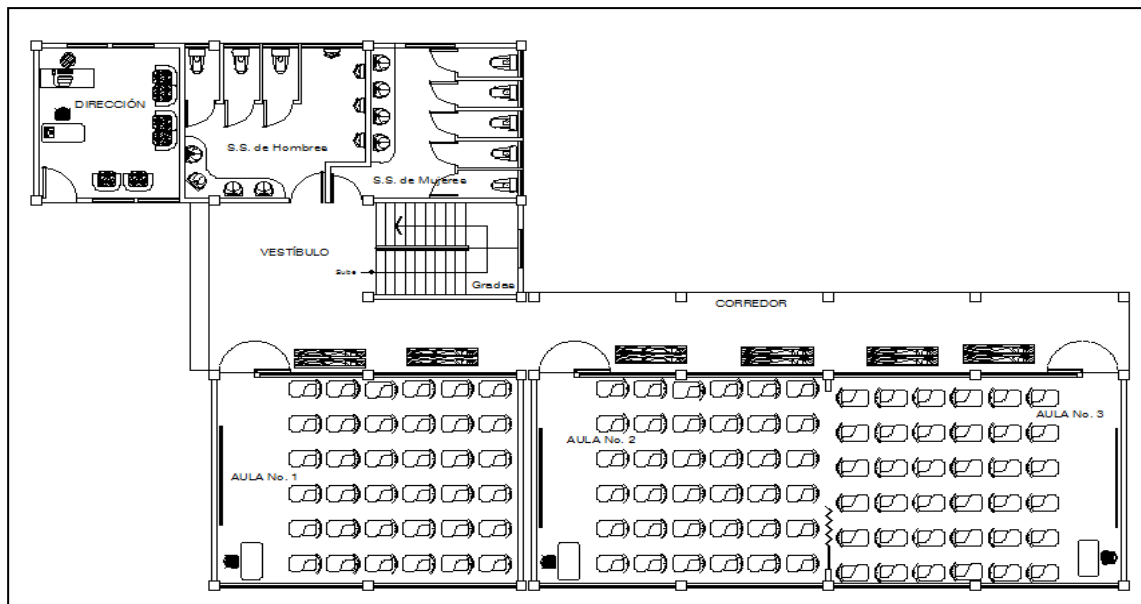
En las figuras 11 y 12 se puede apreciar la distribución de los ambientes del primer y del segundo nivel.

Figura 12. **Distribución arquitectónica del segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 13. **Distribución arquitectónica del primer nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

2.2.2. Levantamiento topográfico

Se realizó un levantamiento de segundo orden, se utilizó un teodolito, estadal, cinta métrica, brújula y plomada de centro. Se obtuvo el polígono de acuerdo a la medición de sus coordenadas a través de distancias y ángulos medidos respectivamente con cinta métrica y teodolito a través del método de conservación de azimut. El terreno presenta una pendiente quebrada.

2.2.3. Cargas

Las cargas que actúan sobre las estructuras pueden dividirse en cargas horizontales (sismo) y verticales (viva y muerta).

2.2.3.1. Carga viva

Las cargas vivas consisten principalmente en cargas de ocupación. Estas pueden ser parcial o totalmente en su sitio, tienen la característica de cambiar de ubicación y magnitud, son inciertas en un momento dado.

CV = carga viva

En azotea: 100 Kg/m²

En aulas: 250 Kg/m²

En pasillo: 400 Kg/m²

Sobrecarga: 25 % CV

Biblioteca

En área de lectura: 250 Kg/m²

En depósito de libros: 600 Kg/m²

2.2.3.2. Carga muerta

Este tipo de carga es el que se mantiene constante, inamovible durante toda la vida de la estructura, generalmente la mayor parte de la carga la constituye el peso propio de la estructura. Esta puede calcularse con buena aproximación a partir de la configuración del diseño, dimensiones de la estructura y densidad del material, las cargas muertas siempre ejercen una fuerza descendente de manera constante y acumulativa desde la parte más alta del edificio hasta los cimientos.

CM = carga muerta

Peso de muros: 120 Kg/m²

Peso de acabados: 90 Kg/m²

Peso del concreto: 2400 Kg/m³

2.2.3.3. Carga de sismo

Esta es una carga ambiental definida como una fuerza inercial causada por un movimiento sísmico que pueden ejercer presiones en el suelo ocasionando el deslizamiento de la estructura o edificio considerado. Estas cargas al igual que las vivas son inciertas tanto en magnitud como en distribución. Entre otras cargas ambientales podemos mencionar la de viento, empujes y presiones ocasionados por suelo o agua. El método usado para su análisis es el SEAOC.

2.2.4. Estudio de suelos

Un adecuado estudio del suelo, sobre el cual se pretende levantar una construcción, facilita al ingeniero los datos necesarios para determinar el tipo y diseño, más apropiado y económico de la cimentación.

2.2.4.1. Descripción del procedimiento

Para calcular el valor soporte del suelo, se realizó una excavación a una profundidad de 1,50 metros y se extrajo una muestra del suelo alterada de aproximadamente 1 pie cúbico, se llevó al laboratorio de suelos en donde se realizó el ensayo de compresión triaxial.

2.2.4.2. Prueba triaxial

Esta prueba se emplea en estudios de cimentación para puentes y edificios, consiste en aplicar esfuerzos horizontales y determinar por medio de ellos la resistencia al corte (desplazamientos laterales de unas capas sobre otras), el que indica la resistencia a la deformación plástica del terreno.

Con el objetivo de medir directamente la resistencia al esfuerzo cortante y la tensión o esfuerzo normal; la prueba se realizó sin consolidar y sin drenar, la cual dio los siguientes parámetros de corte, con un ángulo de fricción interna de $\phi = 8,18$ grados, una carga última de 5,5 toneladas por metro, con la descripción de limo arcilloso color café (ver resultados en anexo 1).

2.2.4.3. Valor soporte del suelo

Para encontrar el valor soporte del suelo, se utilizó el método del Dr. Terzagui que ha demostrado ser lo suficientemente aproximado para todos los casos en el campo de su aplicación:

Ángulo de fricción interna: $\phi = 8,18^\circ$

Carga última: $C_u = 5,5 \text{ T/m}^2$

Descripción del suelo: limo arcilloso color café

Base: $B = 1 \text{ m}$

Peso específico del suelo: $\gamma_{\text{suelo}} = 1,48 \text{ T/m}$

Carga última: $C_u = 5,5 \text{ T/m}^2$

Desplante: $D = 1,50 \text{ m}$

Convirtiendo el ϕ a radianes:

$$\phi = 8,18^\circ$$

$$\phi \text{ radianes} = \frac{\phi \times \pi}{180^\circ} = \frac{8,18^\circ \times \pi}{180^\circ} = 0,143$$

Calculando el factor de flujo de carga última = N_q

$$Nq = \frac{e^{(\pi - \phi \text{ rad}) \tan \phi}}{2 \cos^2(45 + \frac{\phi}{2})}$$

$$Nq = \frac{e^{(\pi - 0,14277) \tan(8,18^\circ)}}{2 \cos^2(45 + \frac{8,18^\circ}{2})} = 2,25 \text{ T/m}^2$$

Calculando el factor de flujo de carga última = Nc

$$Nc = \cot \phi (Nq - 1)$$

$$Nc = \cot (8,18^\circ) (2,25 - 1) = 8,70 \text{ T/m}^2$$

Calculando el factor de flujo N γ

$$N\gamma = 2 (Nq + 1) \tan \phi$$

$$N\gamma = 2 (2,25 + 1) \tan 8,18^\circ = 0,93 \text{ T/m}^2$$

Según el Dr. Terzagui, el valor de N γ debe ser igual a 0, cuando se trata de un suelo arcilloso, por lo tanto se usará N γ = 0.

Calculando el valor soporte del suelo q_o

$$q_o = (\gamma_{\text{suelo}} \times B \times N\gamma) + (\gamma_{\text{suelo}} \times D \times Nq) + (C_u \times Nc)$$

$$q_o = (\gamma_{\text{suelo}} \times D \times Nq) + (C_u \times Nc)$$

$$q_o = (1,48 \times 1,50 \times 2,25) + (5,5 \times 8,70)$$

$$q_o = 52,85 \text{ T/m}^2$$

Factor de seguridad (F_s), depende del suelo en estudio, el cual puede estar entre los valores de $1,5 < F_s < 3$; para arcilla debe ser un factor de 2.

Valor soporte de diseño q_d

$$q_d = \frac{q_0}{F_s} = \frac{52,85}{2} = 26,42 \text{ T/m}^2$$

Este valor será utilizado en el cálculo de la cimentación de la estructura.

2.2.5. Análisis estructural

Este análisis es el proceso que se realiza para determinar las respuestas de la estructura ante las acciones externas, que puedan afectarla; en otras palabras, se analizan los efectos de las cargas aplicadas a la estructura. Para el edificio en diseño, se hace el análisis estructural por el método de Kani detallado más adelante.

2.2.5.1. Predimensionamiento estructural

Predimensionar la estructura es darle medidas preliminares a los elementos que la componen. Se aplicarán los siguientes métodos para predimensionar los diferentes elementos estructurales:

- Columnas: el método que se utiliza para predimensionar las columnas; es calcular la sección basándose en la carga que se le aplicará. En este caso se desea guardar simetría en las dimensiones de la columna, por esta razón se toma la columna crítica, la que soporta mayor carga. Los resultados se aplican a todas las demás:

$$P = 0,80 (0,225 f'c x Ag + fy As)$$

Cumpliendo la Norma del ACI 318-99 (capítulo 10, sección 9,1) donde el área de acero correcto, debe estar entre los límites $1\% Ag < As < 6\% Ag$. Tomando el valor mínimo $As = 0,01Ag$.

Donde:

P = carga aplicada (Kg/m tomado de áreas tributarias)

P = (área tributaria x γ_c peso específico del concreto)

P = $20,21 \text{ m}^2 \times 2400$

f'c = resistencia del concreto 210 Kg/cm^2

Ag = área gruesa (cm^2)

fy = grado estructural del acero 2810 Kg/cm^2

As = área de acero

$$P = 0,80 (0,225 \times 210 Ag + 2810 (0,01Ag))$$

$$48504 = 0,80 (0,225 \times 210 Ag + 2810 (0,01Ag))$$

$$Ag = 804,64 \text{ cm}^2$$

Se propone una columna de 30 x 30 centímetros que cubre el área gruesa requerida.

- Vigas: para predimensionar las vigas, el método utilizado calcula el peralte o altura de la viga, la cual depende de la luz que cubre dicho elemento.

$$t_{\text{VIGA eje x}} = \text{luz libre de viga} \times 0,08 = 6,85 \times 0,08 = 0,55 \text{ m}$$

$$t_{\text{VIGA eje y}} = \text{luz libre de viga} \times 0,08 = 5,00 \times 0,08 = 0,40 \text{ m}$$

Utilizando el criterio de base = h/2 se proponen dos secciones de vigas una para el segundo nivel y otra para el primero siendo las siguientes:

$$\text{Primer nivel: } 50/2 = 25 \text{ cm}$$

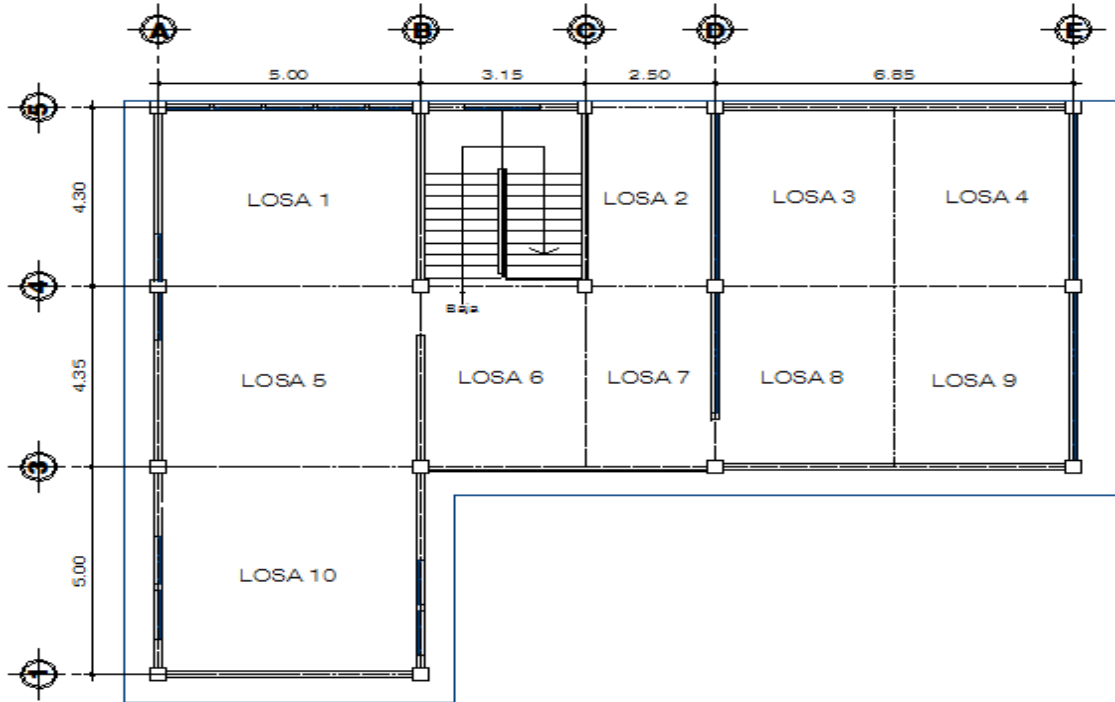
$$\text{Segundo nivel: } 40/2 = 20 \text{ cm}$$

- Losas: se predimensiona el peralte o grosor de la losa. El método usa como variables las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos que tiene, se tomó la más crítica. Para el espesor de una losa que trabaja en dos sentidos se aplica la siguiente expresión:

$$t = \frac{\text{PERÍMETRO}}{180} = \frac{2(A+B)}{180} = \frac{(A+B)}{90}$$

En la figura 14 se puede apreciar las diferentes losas del módulo uno y en la tabla VII se establece si trabajan en uno o dos sentidos.

Figura 14. Distribución de losas módulo uno



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

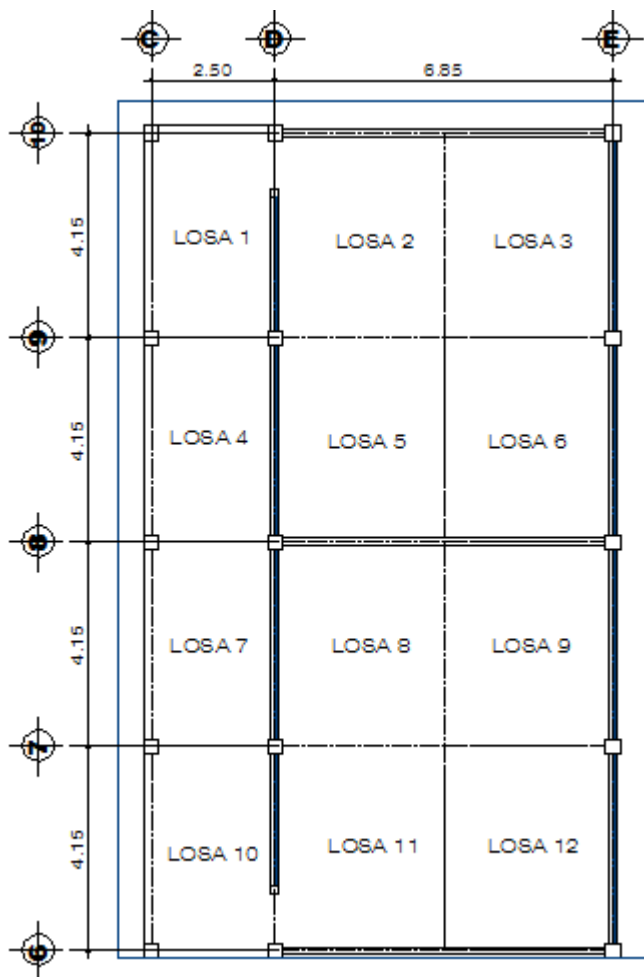
Tabla VII. Espesor de losas módulo uno

| | Losa 1,5 | Losa 2 | Losa 3,4,8,9 | Losa 6 | Losa 7 | Losa 10 |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A (lado corto) | 4,30 | 2,50 | 3,43 | 3,15 | 2,50 | 5,00 |
| B (lado largo) | 5,00 | 4,30 | 4,30 | 4,35 | 4,35 | 5,00 |
| $m = (B/A)$ | 1,16 | 1,72 | 1,26 | 1,38 | 1,74 | 1,00 |
| Sentido | Dos sentidos | Dos sentidos | Dos sentidos | Dos sentidos | Dos sentidos | Dos sentidos |
| Espesor t (cm) | 0,103 | 0,076 | 0,086 | 0,083 | 0,076 | 0,111 |

Fuente: elaboración propia.

Se usarán dos espesores de losa en el módulo uno, siendo la losa 1,5 y 10 de $t = 0,12$ metros y losas 2,3,4,6,7,8,9 se diseñarán de 0,10 metros conforme a los resultados obtenidos en la tabla VII.

Figura 15. **Distribución de losas del módulo dos**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

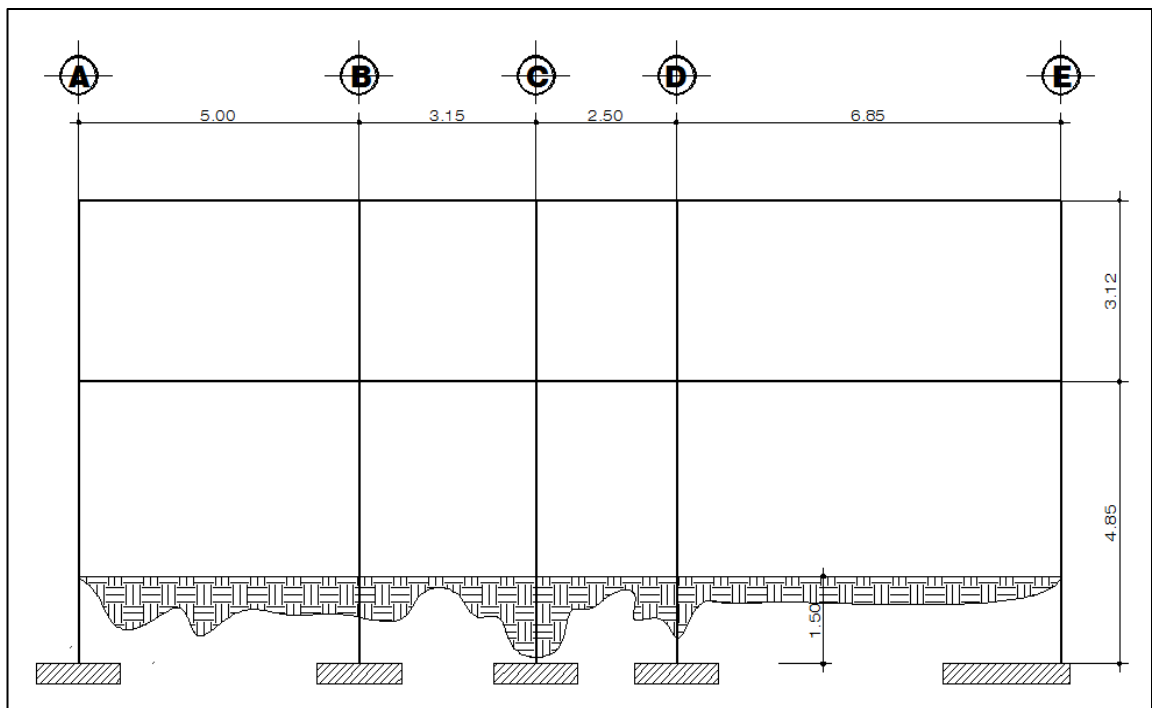
Para el módulo dos se diseñaron las losas 1,4,7,10 de un espesor de 0,10 metros y el resto espesor de 0,12 metros.

- Cimientos: para la cimentación se usarán zapatas aisladas. El método de predimensionamiento se incluye en el diseño de las zapatas, donde éste se basa en la capacidad de carga del suelo.

2.2.5.2. Modelos matemáticos de marcos rígidos

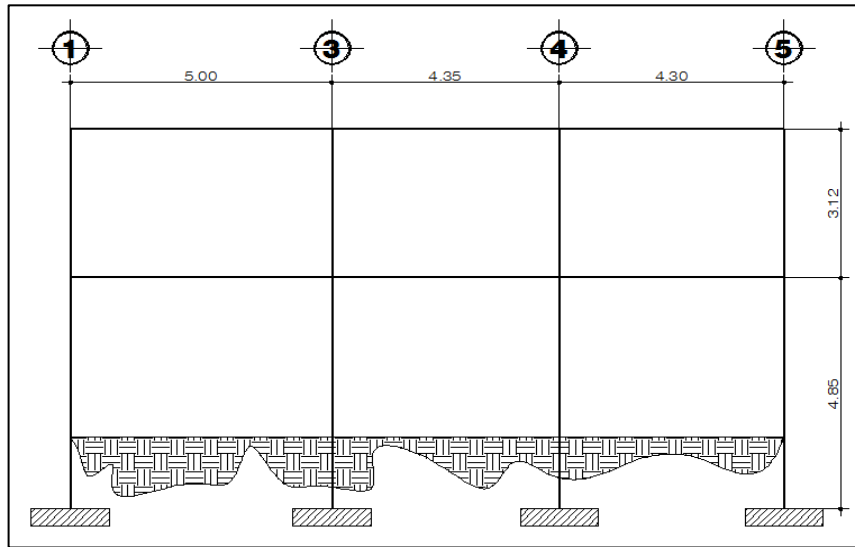
El modelo matemático de un marco rígido es una gráfica que representa la forma y las cargas que soporta un marco, sirve para hacer un análisis estructural, debido a la asimetría del edificio se optó por dividirlo en dos módulos analizando únicamente los marcos críticos en los sentidos X y Y de cada módulo.

Figura 16. **Modelo matemático de la estructura módulo 1, eje 4, sentido X**



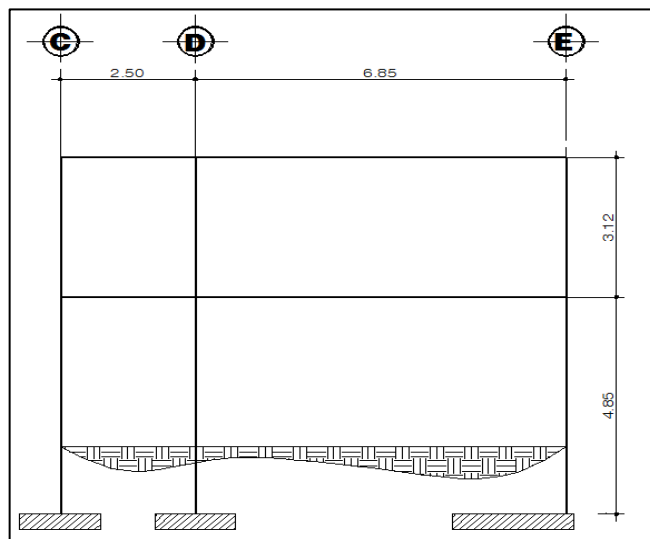
Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 17. **Modelo matemático de la estructura módulo 1, eje B, sentido Y**



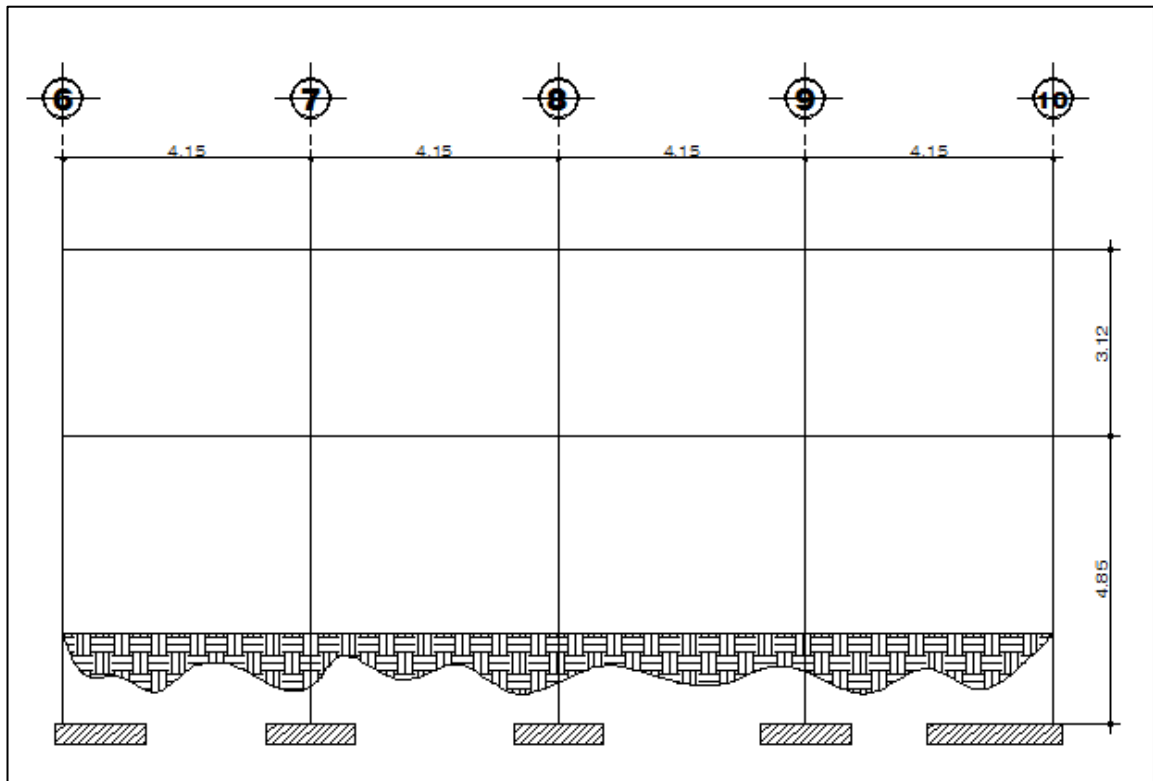
Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 18. **Modelo matemático de la estructura módulo 2, eje 8, sentido X**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 19. **Modelo matemático de la estructura módulo 2, eje D, sentido Y**

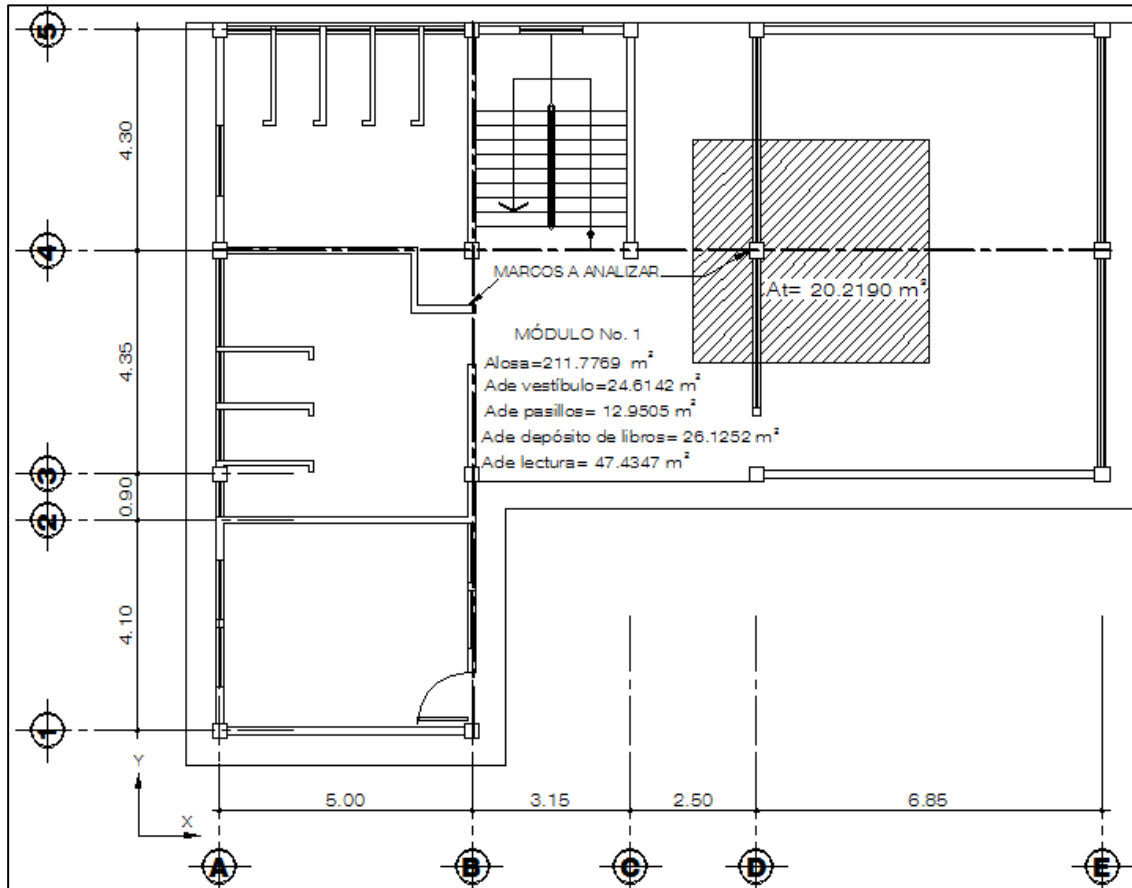


Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

2.2.5.3. Cargas aplicadas a los marcos rígidos

Las estructuras están sometidas a cargas de diferente índole; para clasificarlas existen varios criterios, aquí se hace una distinción de acuerdo con la dirección de su aplicación. En las figuras 20 y 21 se puede observar la planta típica del edificio escolar y las áreas tributarias de la losas hacia las vigas y columnas. El análisis se hará de igual forma para el módulo 2, por lo que de aquí en adelante se colocará solo el procedimiento de diseño del módulo 1.

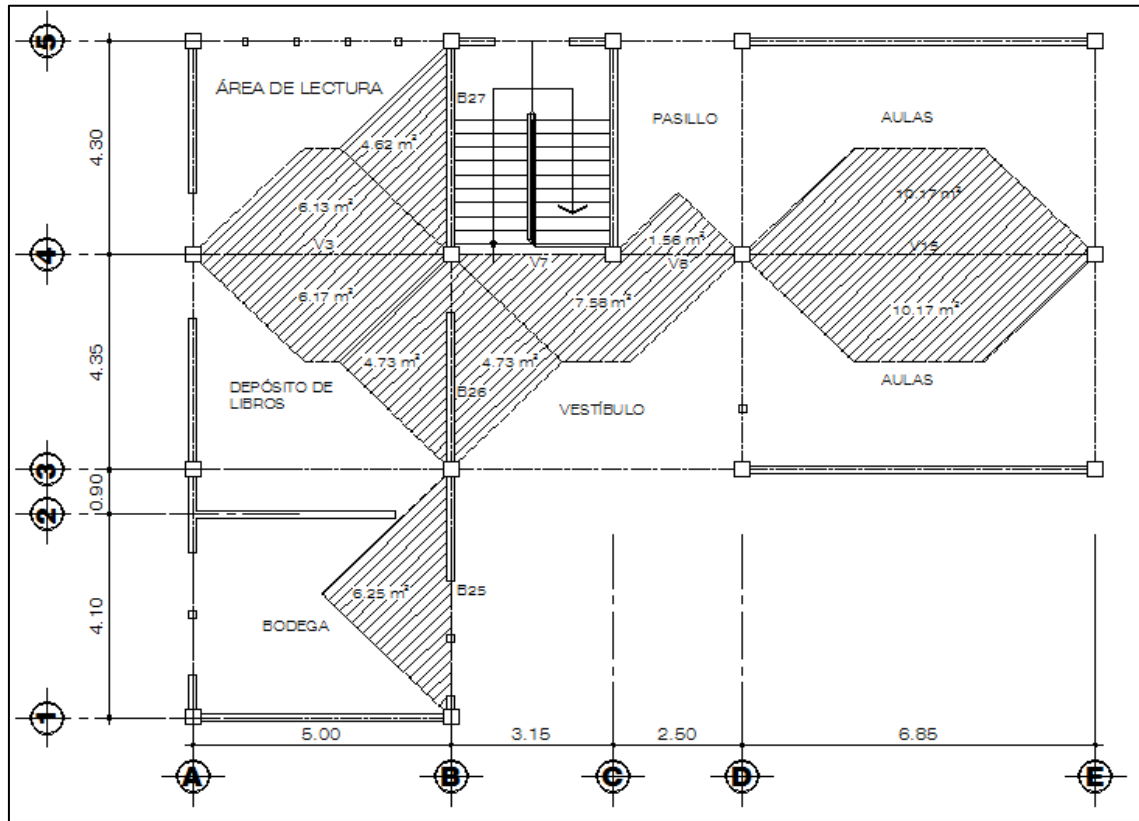
Figura 20. Área tributaria en columna crítica, módulo 1-1er nivel



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Se detalla en la figura 20, el área tributaria de la columna crítica, la cual es la que soportará más carga debido a su mayor área, asimismo, las áreas de los respectivos ambientes que serán utilizados en la integración de cargas, los marcos críticos a analizar son, en el sentido x - marco 4 y en el sentido y - marco B del módulo uno.

Figura 21. Área tributaria en vigas de marcos críticos, módulo 1-2do nivel



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Integración de cargas verticales

Los valores que se usan para las cargas verticales son los siguientes:

Carga muerta (CM)

Peso del concreto = 2 400 Kg/m³

Peso de acabados = 90 Kg/m²

Peso de muros = 120 Kg/m²

Sobrecarga = 25%CV

Carga viva (CV)

Depósito de libros = 600 Kg/m²

En azotea = 100 Kg/m²

En pasillos = 400 Kg/m²

Aulas y área de lectura = 250 Kg/m²

Vestíbulo = 400 Kg/m²

Determinando las cargas superficialmente distribuidas en las losas:

Integración de cargas segundo nivel

Losas de concreto $W \times t$ = 2 400 x 0,12 = 288 Kg/m²

Peso de acabados (W_{PA}) = 90 Kg/m²

Carga muerta (W_{CM}) = $W_{losa} + W_{PA}$ = 378 Kg/m²

Carga viva azotea (W_{cv}) = 100 Kg/m²

Integración de cargas primer nivel

Losas de concreto $W \times t$ = 2 400 x 0,12 = 288 Kg/m²

Paredes divisorias (W_{PD}) = 120 Kg/m²

Peso de acabados (W_{PA}) = 90 Kg/m²

Carga muerta (W_{CM}) = $W_{losa} + W_{PD} + W_{PA}$ = 498 Kg/m²

Carga viva aulas (W_{cv}) = 250 Kg/m²

Carga viva pasillo y vestíbulo (W_{cv}) = 400 Kg/m²

Carga viva área de lectura (W_{cv}) = 250 Kg/m²

Carga viva depósito de libros (W_{cv}) = 600 Kg/m²

Obteniendo las cargas superficialmente distribuidas y las áreas, se calculan las cargas lineales para cada viga. Para convertir una carga superficialmente distribuida a una carga lineal se utiliza la siguiente expresión:

$$W_{CM} = \frac{W_{cm} \times A_t}{L}$$

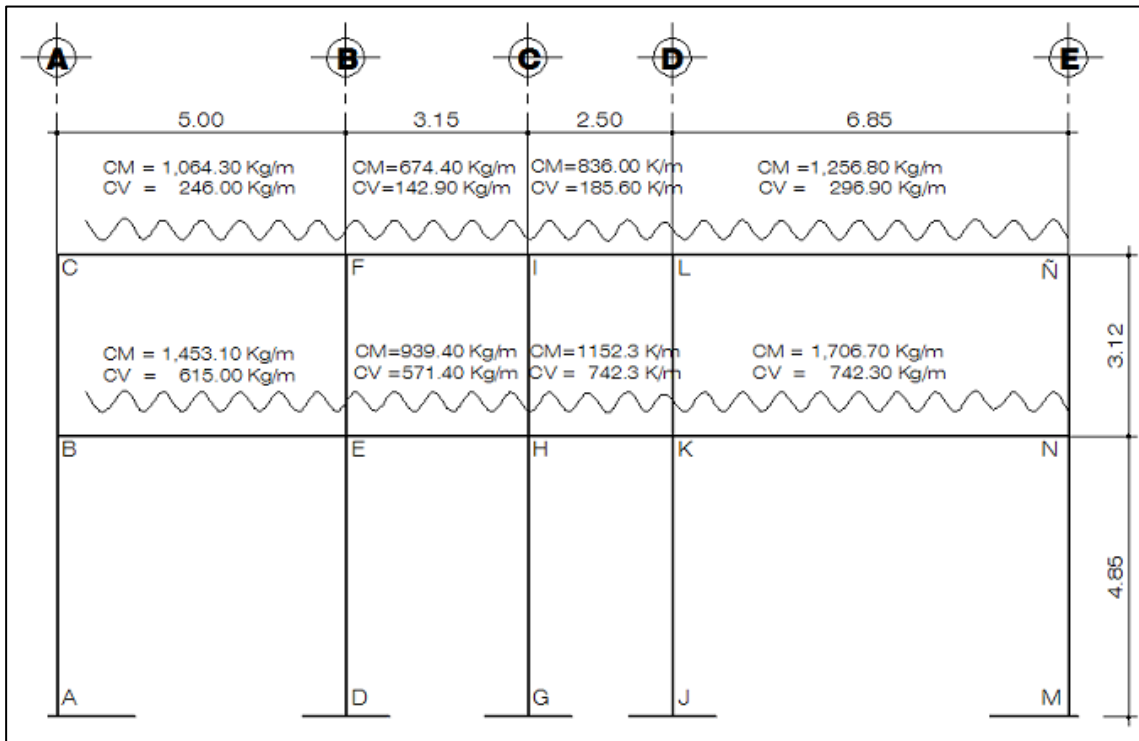
Tabla VIII. **Cargas lineales muerta y viva para el módulo 1**

| NIVEL 2 MODULO 1 | ELEMENTO | WCM (Kg/m ²) | WCV (Kg/m ²) | Área (m ²) | Longitud (m) | PP viga | WCM (Kg/m ²) | WCV (Kg/m ²) |
|------------------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------|---------|-----------------------------|-----------------------------|
| | V3 | 378,0 | 100,0 | 12,30 | 5,00 | 134,40 | 1 064,28 | 246,00 |
| | V7 | 378,0 | 100,0 | 4,50 | 3,15 | 134,40 | 674,40 | 142,86 |
| | V8 | 378,0 | 100,0 | 4,64 | 2,50 | 134,40 | 835,97 | 185,60 |
| | V15 | 378,0 | 100,0 | 20,34 | 6,85 | 134,40 | 1 256,81 | 296,93 |
| | B25 | 378,0 | 100,0 | 6,25 | 5,00 | 134,40 | 606,90 | 125,00 |
| | B26 | 378,0 | 100,0 | 9,46 | 4,35 | 134,40 | 956,44 | 217,47 |
| | B27 | 378,0 | 100,0 | 4,62 | 4,30 | 134,40 | 540,53 | 107,44 |
| NIVEL 1 MODULO 1 | ELEMENTO | WCM (Kg/m ²) | WCV (Kg/m ²) | Área (m ²) | Longitud (m) | PP viga | WCM (Kg/m ²) | WCV (Kg/m ²) |
| | V3 | 498,0 | 250,0 | 12,30 | 5,00 | 228,00 | 1 453,08 | 615,00 |
| | V7 | 498,0 | 400,0 | 4,50 | 3,15 | 228,00 | 939,43 | 571,43 |
| | V8 | 498,0 | 400,0 | 4,64 | 2,50 | 228,00 | 1 152,29 | 742,40 |
| | V15 | 498,0 | 250,0 | 20,34 | 6,85 | 228,00 | 1 706,73 | 742,34 |
| | B25 | 498,0 | 600,0 | 6,25 | 5,00 | 228,00 | 850,50 | 750,00 |
| | B26 | 498,0 | 250,0 | 9,46 | 4,35 | 228,00 | 1 311,01 | 706,78 |
| | B27 | 498,0 | 250,0 | 4,62 | 4,30 | 228,00 | 763,06 | 268,60 |

Fuente: elaboración propia.

Las cargas lineales establecidas en la tabla VIII se observan en las figuras 22 y 23 en su respectivo tramo del marco típico.

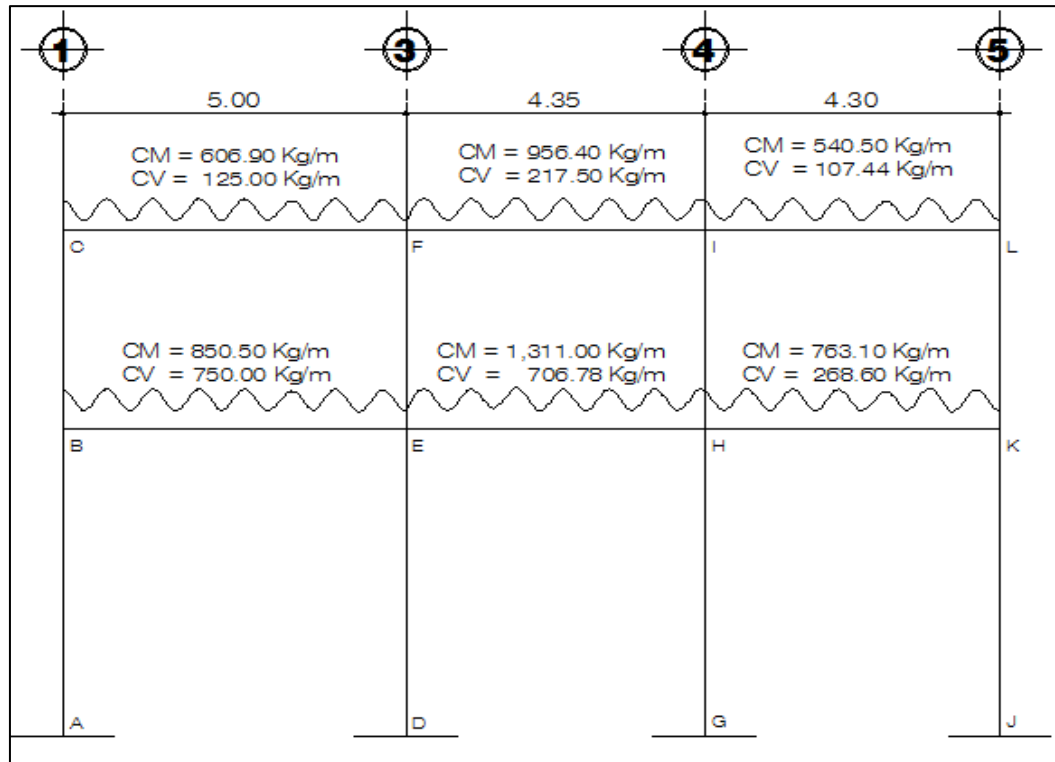
Figura 22. Marco típico unido con nudos rígidos módulo 1-sentido X



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

En la figura 22 se aprecia el eje 4 del módulo 1 con las respectivas cargas distribuidas que soportará cada tramo del marco sentido X se integró carga muerta y carga viva. El análisis estructural se hará por el método de Kani.

Figura 23. Marco típico unido con nudos rígidos módulo 1- sentido Y

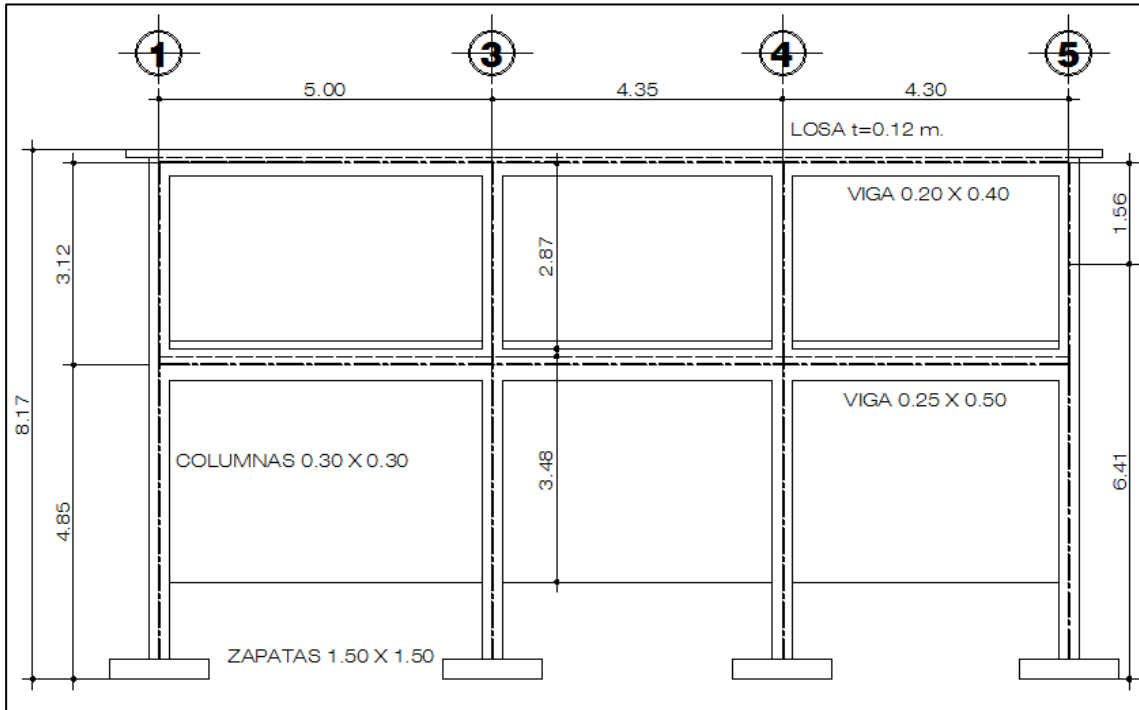


Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Para el peso de las columnas hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- El peso de la columna del primer nivel debe tomarse desde la cimentación hasta la mitad de las columnas del segundo nivel.
- El peso de las columnas intermedias se debe tomar de la mitad de la columna del nivel inferior a la mitad de la columna del nivel superior, como se observa en la figura 24.

Figura 24. Marco típico con sus elementos estructurales



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Cargas horizontales

Existen dos fuerzas horizontales: la de viento y la de sismo, a las que se encuentra expuesto comúnmente un edificio. Generalmente, se considera en el análisis estructural únicamente una de las dos, ya que los fenómenos naturales que la provocan no se presentan simultáneamente, en este caso, se diseñará con la fuerza más crítica que es la de sismo, ya que Guatemala es un país con alto riesgo sísmico. Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas al edificio, se utiliza el método SEAOC, establecido en las Normas de la Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales (AGIES) de la manera siguiente:

Método Seaoc (Structural Engineers Association of California)

Este método se fundamenta en el concepto de corte basal, el cual plantea el siguiente procedimiento:

- Paso No. 1
 - Corte basal (V): es la fuerza lateral sísmica que el suelo transmite al edificio en la base, para obtener su valor, se usa la fórmula siguiente:

$$V = (Z I C K S) W$$

Donde:

Z = factor de ajuste por probabilidad de riesgo sísmico, varía según la zona sísmica del globo terráqueo, según normas AGIES se pueden observar en el mapa de macrozonificación sísmica de la república las siguientes zonas:

Zona 0 = 0,00 cuando no existe la posibilidad de sismo

Zona 1 = 0,25 cuando existe la posibilidad de un 25 por ciento de sismo

Zona 2 = 0,50 cuando existe la posibilidad de un 50 por ciento de sismo

Zona 3 = 0,75 cuando existe la posibilidad de un 75 por ciento de sismo

Zona 4 = 1,00 cuando es un lugar de alta actividad sísmica

Para Retalhuleu = 0,25 debido a que se encuentra ubicado geográficamente en la zona 2.

I = coeficiente que depende de la importancia de la obra y definida con el uso de la estructura. En viviendas unifamiliares va a ser menor su coeficiente y para estructuras de uso público como hospitales, centros de comunicación, escuelas,

entre otros el coeficiente será mayor; su rango estará comprendido entre $1,00 \leq I \leq 1,50$ para este caso usaremos 1,0, ya que es una estructura esencial y se tomará el rango menor establecido.

S = coeficiente que depende del tipo de suelo, comprendida entre $1,00 \leq S \leq 1,50$ teniendo la limitación: $CS \leq 0,14$. Para este caso como se desconoce se usará el límite mayor = 1,50.

K = coeficiente, depende del sistema estructural usado = 1,00

1,00 = para marcos dúctiles

0,80 = para sistema dual

1,33 = para sistema de cajón

W = peso propio de la estructura + 25 por ciento de las cargas vivas

V = fuerza lateral total o corte en la base

C = factor de carga dinámica y significa el grado de amortiguamiento de la estructura. Se calcula con la siguiente fórmula:

Si CS es mayor que 0,14 usar $CS = 0,14$ o Si $C > 0,12$ se debe usar 0,12.

$$C = \frac{1}{15(\sqrt{T})}$$

Donde:

T = período fundamental del edificio (vibración), el cual depende de la altura y la base del edificio.

$$T = \frac{0,0906H}{\sqrt{b}}$$

Donde:

H = altura del edificio (m)

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

El sismo no actúa en una dirección determinada respecto al edificio. Por esa razón, se necesita evaluar el corte basal en las direcciones X y Y (longitudinal y transversal respectivamente); con los valores resultantes se puede diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

Calculando el peso del edificio módulo 1:

$$W = W_{\text{NIVEL1}} + W_{\text{NIVEL2}}$$

$$W_{\text{NIVEL1}} = W_{\text{COLUMNAS}} + W_{\text{VIGAS}} + W_{\text{LOSAS}} + W_{\text{MUROS}} + W_{\text{ACABADOS}} + 25\% (W_{\text{CV}} \times \text{Área en planta del edificio})$$

$$W_{\text{COLUMNAS}} = (4,85+3,12/2) \times 0,30 \times 0,30 \times 16 \times 2\,400 = 22\,152,9 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{VIGAS}} = (102,43 \times 0,25 \times 0,38 \times 2\,400) = 23\,354,04 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{LOSAS}} = (211,78 \times 0,12 \times 2\,400) = 60\,992,64 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{MUROS}} = (211,78 \times 120) = 25\,413,60 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{ACABADOS}} = (211,78 \times 90) = 19\,060,20 \text{ Kg}$$

$$CV = (A_{\text{aulas}} \times CV_{\text{aulas}}) + (A_{\text{pasillo}} \times CV_{\text{pasillo}}) + (A_{\text{vestíbulo}} \times CV_{\text{vestíbulo}}) + (A_{\text{lectura}} \times CV_{\text{lectura}}) + (A_{\text{depósito de libros}} \times CV_{\text{depósito de libros}})$$

$$CV = (94,03 \times 250) + (12,95 \times 400) + (24,61 \times 400) + (47,43 \times 250) + (26,12 \times 600)$$

$$CV = 66\,068,00 \text{ Kg}$$

$$W_{NIVEL1} = (22\,152,9 + 23\,354,04 + 60\,992,64 + 25\,413,60 + 19\,060,20 + (0,25 \times 66\,068))$$

$$W_{NIVEL1} = 167\,490,38 \text{ Kg}$$

$$W_{NIVEL2} = W_{COLUMNAS} + W_{VIGAS} + W_{LOSAS} + W_{ACABADOS} + 25\% (W_{cv} \times \text{Área en planta del edificio})$$

$$W_{COLUMNAS} = ((3,12/2) \times 0,30 \times 0,30 \times 16 \times 2,400) = 5\,391,36 \text{ Kg}$$

$$W_{VIGAS} = (102,43 \times 0,20 \times 0,28 \times 2,400) = 13\,767,0 \text{ Kg}$$

$$W_{LOSAS} = (211,78 \times 0,12 \times 2,400) = 60\,992,64 \text{ Kg}$$

$$W_{ACABADOS} = (211,78 \times 90) = 19\,060,20 \text{ Kg}$$

$$CV = (A_{losa} \times CV_{azotea})$$

$$CV = 211,78 \times 100 = 21\,178,0 \text{ Kg}$$

$$W_{NIVEL2} = 5\,391,36 + 13\,767,0 + 60\,992,64 + 19\,060,20 + (0,25 \times 21\,178,0)$$

$$W_{NIVEL2} = 104\,505,70 \text{ Kg}$$

$$W = 167\,490,38 + 104\,505,70 = 271\,996,08 \text{ Kg}$$

Calculando el período fundamental de vibración del edificio:

$$T_Y = \frac{0,0906(7,97)}{\sqrt{13,75}} = 0,195 \text{ seg}$$

$$C_Y = \frac{1}{15(\sqrt{0,19})} = 0,151$$

$$T_X = \frac{0,0906(7,97)}{\sqrt{17,80}} = 0,171 \text{ seg}$$

$$C_X = \frac{1}{15(\sqrt{0,17})} = 0,160$$

$$CS_X = (0,1507 \times 1,5) = 0,226 \rightarrow \text{usar } CS_X = 0,14$$

$$CS_Y = (0,1604 \times 1,5) = 0,240 \rightarrow \text{usar } CS_Y = 0,14$$

$$V = V_x = V_y = (0,25) (1) (1) (0,14) (271\ 996,08) = 9\ 519,86 \text{ Kg}$$

- Paso No. 2
 - Fuerzas por nivel (F_{n1})

$$F_{n1} = \frac{W_i h_i (V - F_T)}{\sum W_i h_i}$$

Donde:

F_{ni} = fuerza lateral aplicada al nivel de la estructura al que se hace referencia mediante el subíndice i , $i = 1$ designa el primer nivel.

V = fuerza lateral o cortante total en la base.

F_T = fuerza de techo, depende de T (período natural de vibración) que debe cumplir con las siguientes condiciones:

$$F_T = 0, \text{ si } T < 0,25$$

$$F_T = 0,007 V(T) \text{ si } T > 0,25$$

Esta fuerza concentrada en el último nivel F_T se incluye para tomar en cuenta el efecto de chicoteo que un sismo produce en una estructura. Por eso si el edificio es bastante rígido su periodo fundamental T será muy corto y el efecto será despreciable comparado con el de un edificio más flexible cuyo periodo fundamental será más largo, lo anterior es la razón por la cual $F_T = 0$ cuando el periodo es muy corto. Para este caso T es menor que 0,25 por lo tanto $F_T = 0$.

W_i = peso propio de la estructura + 25 por ciento de las cargas vivas por nivel

H_i = altura medida desde la cimentación al nivel considerado

Tabla IX. **Fuerza por marco en cada nivel**

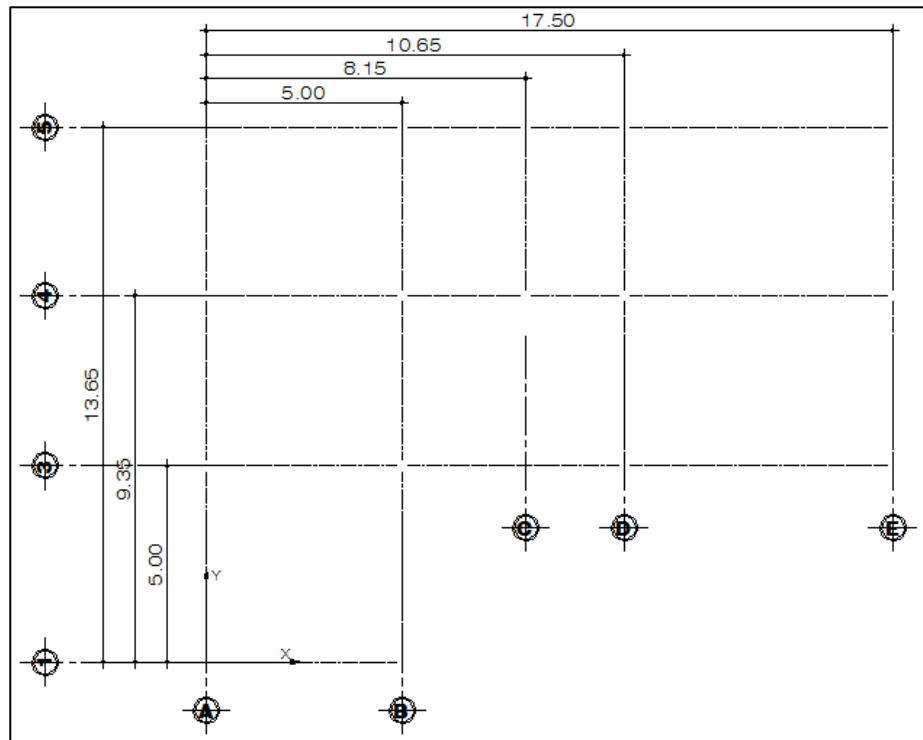
| Nivel | H_i (m) | W_i (Kg) | $W_i H_i$ | F_i (Kg) | F_t | Fuerza por nivel (Kg) |
|-------|-----------|------------|-------------|------------|-------|-----------------------|
| 1 ° | 4,85 | 167 490,3 | 812 327,9 | 4 700,3 | 0 | 9 519,8 |
| 2 ° | 7,97 | 104 505,7 | 832 897,2 | 4 819,4 | 0 | 4 819,4 |
| | | | 1 625 188,4 | | | 14 339,2 |

Fuente: elaboración propia.

- Paso No. 3

Las respuestas por torsión en la estructura proviene de dos fuentes: la excentricidad en la distribución de masas y la de rigideces, ocasionando una respuesta torsional acoplada con la traslacional. En cada piso y para cada dirección, la torsión se debe determinar como el producto de la fuerza lateral, F_i , por una excentricidad igual a la distancia transversal entre la línea de acción de la fuerza lateral y el centro de rigidez lateral del piso (ver figura 25).

Figura 25. Distancias de los marcos con respecto al eje de referencia



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Fuerzas por marco (FM)

$$FM' \pm FM''$$

$$FM' = \frac{K \times F_{ni}}{\sum R}$$

$$FM'' = \frac{e \times F_{ni}}{\frac{\sum K_i \times d_i^2}{K_{idi}}}$$

Calculando la rigidez en columnas del segundo nivel, como es el último nivel se considera que está en voladizo, se utilizará la siguiente fórmula:

$$K_c = \frac{1}{\frac{F \times H^3}{3E_c \times I} + \frac{1,2 FH}{AG}}$$

Donde:

F = fuerza lateral asumida

H = altura del muro o columna analizada

E_c = módulo de elasticidad del concreto, E_c = 15 100√f'c (f'c en Kg/cm²)

I = inercia del elemento. Donde b es la base del elemento y h la altura del elemento.

$$I = \frac{b \times h^3}{12}$$

A = sección transversal del muro o columna analizada (30 x 30)

G = módulo de rigidez, donde G = 0,4E_c

Solución:

$$K_c = \frac{1}{\frac{(10,000) \times (300)^3}{3(15,100\sqrt{210}) \times \left(\frac{30 \times 30^3}{12}\right)} + \frac{1,2 (10,000)(300)}{(30 \times 30)(0,40 \times 15,100\sqrt{210})}} = 0,1628 \text{ cm}^{-1}$$

Las secciones de las columnas son iguales en los marcos, entonces la rigidez en el marco es:

K_m = cantidad de columnas en el marco x K_c

Calculando el centro de masa y centro de rigidez del edificio:

Tabla X. **Centro de rigidez en dirección X, módulo 1- segundo nivel**

| Marco | Cantidad | Kc | Km | L | Km x L |
|-------|----------|------|------|-----------------------|--------|
| A | 4 | 0,16 | 0,65 | 0,00 | 0,00 |
| B | 4 | 0,16 | 0,65 | 5,00 | 3,25 |
| C | 2 | 0,16 | 0,32 | 8,15 | 2,65 |
| D | 3 | 0,16 | 0,48 | 10,65 | 5,20 |
| E | 3 | 0,16 | 0,48 | 17,50 | 8,55 |
| | | | 2,61 | $\Sigma(Km \times L)$ | 19,67 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Centro de rigidez en dirección Y, módulo 1- segundo nivel**

| Marco | Cantidad | Kc | Km | L | Km x L |
|-------|----------|------|------|-----------------------|--------|
| 1 | 2 | 0,16 | 0,33 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 4 | 0,16 | 0,65 | 5,00 | 3,26 |
| 4 | 5 | 0,16 | 0,81 | 9,35 | 7,62 |
| 5 | 5 | 0,16 | 0,81 | 13,65 | 11,12 |
| | | | 2,61 | $\Sigma(Km \times L)$ | 21,99 |

Fuente: elaboración propia.

$$CRY = \frac{\Sigma(Km \times L)}{\Sigma Km} = 8,44$$

$$CRX = \frac{\Sigma(Km \times L)}{\Sigma Km} = 7,55$$

Obteniendo la inercia del primer nivel, se encuentra doblemente empotrado y se utilizará la siguiente fórmula:

$$Kc = \frac{1}{\frac{F \times H^3}{12Ec \times I} + \frac{1,2 FH}{AG}}$$

$$K_c = \frac{1}{\frac{(10\,000) \times (300)^3}{12(15\,100\sqrt{210}) \times \left(\frac{30 \times 30^3}{12}\right)} + \frac{1,2(10\,000)(300)}{(30 \times 30)(0,4 \times 15\,100\sqrt{210})}} = 0,640 \text{ cm}^{-1}$$

Las secciones de las columnas son iguales en los marcos, entonces la rigidez en el marco es:

$K_m = \text{cantidad de columnas en el marco} \times K_c$

Tabla XII. **Centro de rigidez en dirección X, módulo 1- primer nivel**

| Marco | Cantidad | Kc | Km | L | Km x L |
|-------|----------|------|-------|----------------------|--------|
| A | 4 | 0,64 | 2,55 | 0,00 | 0,00 |
| B | 4 | 0,64 | 2,55 | 5,00 | 12,75 |
| C | 2 | 0,64 | 1,28 | 8,15 | 10,39 |
| D | 3 | 0,64 | 1,91 | 10,65 | 20,36 |
| E | 3 | 0,64 | 1,91 | 17,50 | 33,46 |
| | | | 10,20 | $\Sigma(Km \cdot L)$ | 76,96 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Centro de rigidez en dirección Y, módulo 1- primer nivel**

| Marco | Cantidad | Kc | Km | L | Km*L |
|-------|----------|------|-------|-----------------------|-------|
| 1 | 2 | 0,64 | 1,28 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 4 | 0,64 | 2,55 | 5,00 | 12,75 |
| 4 | 5 | 0,64 | 3,20 | 9,35 | 29,80 |
| 5 | 5 | 0,64 | 3,20 | 13,65 | 43,50 |
| | | | 10,20 | $\Sigma(Km \times L)$ | 86,04 |

Fuente: elaboración propia.

$$CRY = \frac{\sum(Km \times L)}{\sum Km} = 8,44$$

$$CRX = \frac{\sum(Km \times L)}{\sum Km} = 7,55$$

Se puede observar que el valor de las coordenadas del centro de rigidez es el mismo tanto en el primer, como en el segundo nivel.

Calculando el centro de masa del módulo uno:

Para el cálculo del centro de masa de una estructura no simétrica como es el caso del presente diseño, es necesario, dividir la planta del módulo en figuras componentes con las siguientes fórmulas:

$$X = \frac{\sum(Xi \times Ai)}{\sum Ai}$$

$$Y = \frac{\sum(Yi \times Ai)}{\sum Ai}$$

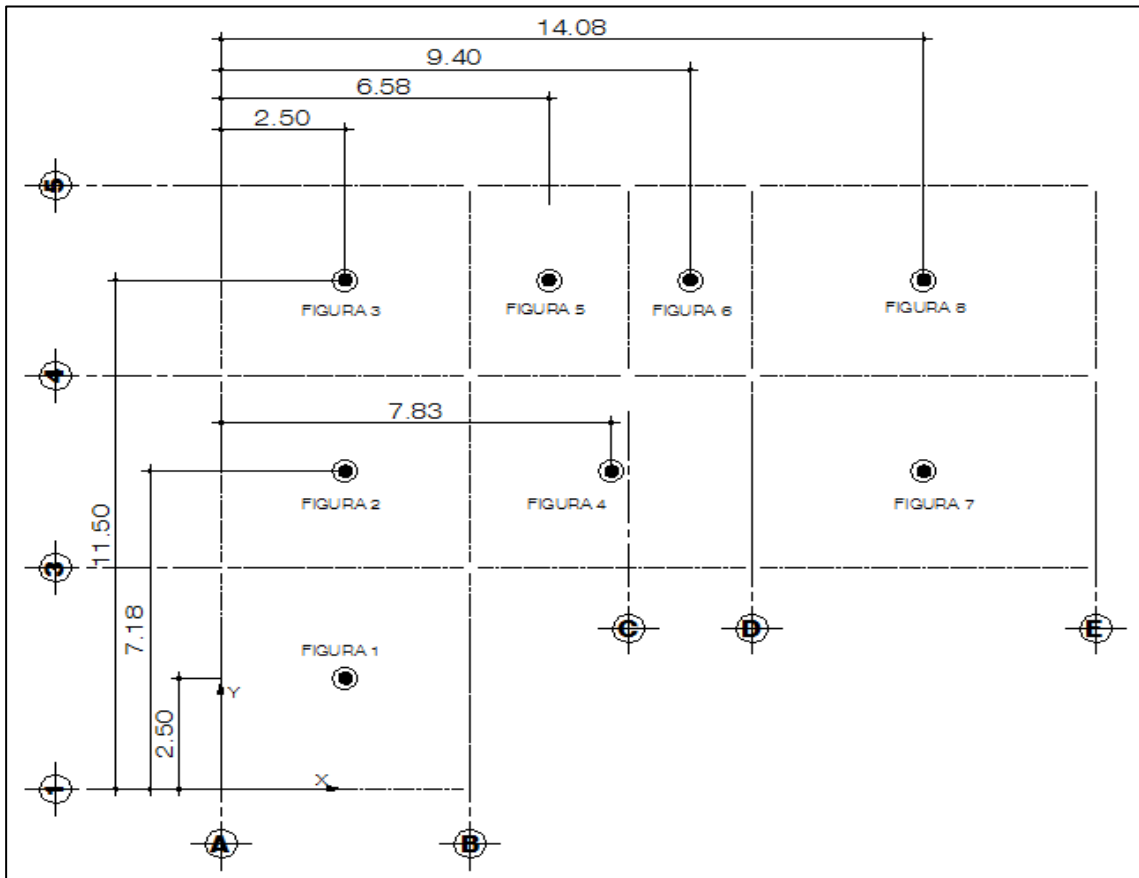
Donde:

X,Y = centro de masa de la figura completa en cada sentido

xi,yi = centroide de la figura componente, respecto del eje de referencia

Ai = área de la figura componente que se está analizando

Figura 26. **Módulo 1 dividido en figuras componentes**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Tabla XIV. **Áreas de las figuras componentes del módulo 1**

| Figura componente Modulo 1 | X | Y | Xi | Yi | Ai | Xi x Ai | Yi x Ai |
|----------------------------|------|------|-------|-------|--------|----------|----------|
| 1 | 5,00 | 5,00 | 2,50 | 2,50 | 25,00 | 62,50 | 62,50 |
| 2 | 4,35 | 5,00 | 2,50 | 7,18 | 21,75 | 54,38 | 156,17 |
| 3 | 4,30 | 5,00 | 2,50 | 11,50 | 21,50 | 53,75 | 247,25 |
| 4 | 4,35 | 5,65 | 7,83 | 7,18 | 24,58 | 192,44 | 176,47 |
| 5 | 4,30 | 3,15 | 6,58 | 11,50 | 13,55 | 89,13 | 155,77 |
| 6 | 4,30 | 2,50 | 9,40 | 11,50 | 10,75 | 101,05 | 123,63 |
| 7 | 4,35 | 6,85 | 14,08 | 7,18 | 29,80 | 419,55 | 213,95 |
| 8 | 4,30 | 6,85 | 14,08 | 11,50 | 29,46 | 414,73 | 338,73 |
| | | | | | 176,38 | 1 387,52 | 1 474,45 |

Fuente: elaboración propia.

$$CMY = \frac{1\ 474,45}{176,38} = 8,36$$

$$CMX = \frac{1\ 387,52}{176,38} = 7,87$$

Quando el centro de rigidez CR no coincide con el centro de masa CM, se produce una excentricidad (e) en la estructura, esto debido a que existe una distribución en planta de las masas y de las rigideces. La excentricidad directa se determina por medio de la diferencia que existe entre el valor del centro de masa y el valor del centro de rigidez (ver figura 26).

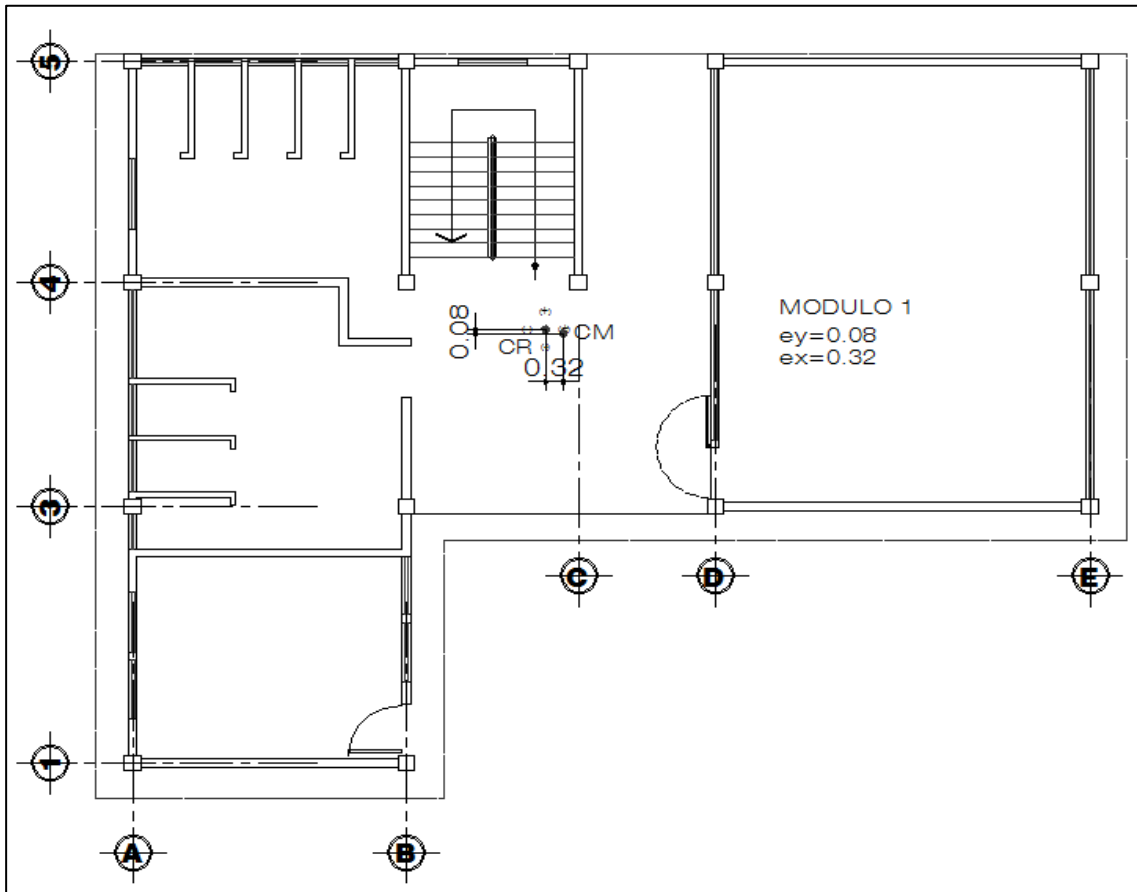
$$e_{x,y} = |CM_{x,y} - CR_{x,y}|$$

Calculando excentricidades directas módulo 1:

$$e_x = |7,87 - 7,55| = 0,32 \text{ m}$$

$$e_y = |8,36 - 8,44| = 0,08 \text{ m}$$

Figura 27. Excentricidades en X y Y del módulo 1



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Para $e_y = 0,08$ metros, $e_x = 0,32$ metros y una $F = 9\,519,80$ kilogramos.

Tabla XV. Fuerza por marco en nivel uno, sentido X, sentido Y

| Marco | K_i | $d_i(m)$ | $K_i d_i$ | $K_i d_i^2$ | $(K_i d_i^2)/K_i d_i$ | FM' | FM'' | FM |
|-------|-------|----------|-----------|-------------|-----------------------|---------|--------|---------|
| B | 2,55 | -2,55 | -6,50 | 16,58 | -58,12 | 2 379,9 | 52,41 | 2 432,4 |
| 4 | 3,19 | 0,91 | 2,90 | 2,64 | 72,45 | 2 974,9 | 10,21 | 2 985,1 |

Fuente: elaboración propia.

Para $e_y = 0,08$ metros, $e_x = 0,32$ metros y una $F = 4\ 819,40$ kilogramos.

Tabla XVI. **Fuerza por marco en nivel dos, sentido X, sentido Y**

| Marco | Ki | di(m) | Kidi | Kidi ² | (Kidi ²)/Kidi | FM' | FM'' | FM |
|-------|------|-------|-------|-------------------|---------------------------|---------|-------|---------|
| B | 2,55 | -2,55 | -6,50 | 16,58 | -58,12 | 1 204,9 | 26,53 | 1 231,4 |
| 4 | 3,19 | 0,91 | 2,90 | 2,64 | 72,45 | 1 506,1 | 5,17 | 1 511,2 |

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.4. Análisis estructural por el método de Kani

Una estructura se define como un conjunto de elementos resistentes organizados en un sistema apto para transmitir fuerzas. La solución constructiva debe satisfacer la función estructural que implica la necesidad de lograr la inmovilidad espacial y temporal de la construcción frente a las fuerzas que actúan sobre la misma proporcionando un equilibrio estático estable a la construcción y un equilibrio elástico que tenga en cuenta las propiedades mecánicas de los materiales a utilizar.

Una estructura real sometida a un sistema de fuerzas en equilibrio es un fenómeno natural regido por innumerables variables. Para realizar un análisis debemos realizar hipótesis simplificativas cuidadosamente seleccionadas para reducir el número de las mismas logrando una adecuada aproximación del comportamiento real de la estructura, para que las conclusiones obtenidas respondan a las que se esperan en la realidad.

El método seleccionado para el análisis es el de Kani el cual se describe a continuación:

Se realizaron tres tipos de análisis; el de carga muerta, carga viva y de sismo, por separado; luego se encontraron las fuerzas internas que se producen por el efecto de las cargas.

Cálculo de momentos fijos (MF_{ik}), se calculan cuando existen cargas verticales.

Cálculo de momentos de sujeción (M_s), se calculan cuando hay cargas verticales.

$$M_s = \sum M_{ik}$$

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

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

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

$$Q_n = \sum H$$

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

$$M_n = \left(\frac{Q_n \times h_n}{3} \right) h_n$$

h_n = altura del piso

Cálculo de rigidez de los elementos (K_{ik})

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

Donde:

I = inercia de elemento.

L_{ik} = longitud de elemento "ik".

Cálculo de factores de giro o coeficientes de reparto (μ_{ik})

$$\mu_{ik} = \frac{1}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{in}} \right)$$

Cálculo de factores de corrimiento (V_{ik})

$$V = \frac{3}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{in}} \right)$$

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

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

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

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

$$M''_{ik} = V_{ik} (\sum (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = V_{ik} (M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{ladeo por fuerzas horizontales}$$

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 izquierdo

$M_{k(+)}$ = momento positivo de la viga en el extremo derecho

A continuación se presentan los cálculos obtenidos:

Método de Kani - módulo 1 - carga muerta - marco típico eje B - sentido Y del Instituto Vaquilito, realizando el mismo procedimiento para el módulo dos en sus dos sentidos.

Cálculo de momentos fijos (MF_{ik})

$$MF_{BE} = -\frac{850,50 \times 5,00^2}{12} = -1\,771,90 \text{ Kg-m}$$

$$MF_{EB} = 1\,771,90 \text{ Kg-m}$$

Tabla XVII. **Momentos fijos de la carga muerta eje B, sentido Y, módulo 1**

| NODOS | CM | L | MF - CM |
|-------|---------|------|----------|
| B-E | 850,5 | 5,00 | -1771,9 |
| E-B | 850,5 | 5,00 | 1771,9 |
| C-F | 606,9 | 5,00 | -1264,4 |
| F-C | 606,9 | 5,00 | 1 264,4 |
| F-I | 956,4 | 4,35 | -1 508,1 |
| I-F | 956,4 | 4,35 | 1 508,1 |
| I-L | 540,5 | 4,30 | -832,8 |
| L-I | 540,5 | 4,30 | 832,8 |
| E-H | 1 311,0 | 4,35 | -2 067,3 |
| H-E | 1 311,0 | 4,35 | 2 067,3 |
| H-K | 763,1 | 4,30 | -1 175,8 |
| K-H | 763,1 | 4,30 | 1 175,8 |

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de momentos de sujeción $M_s = \sum MF_{ik}$

$$\begin{aligned}
 \text{Nudo B} &= MF_{BE} &= -1\,771,90 \text{ Kg/m} \\
 \text{Nudo E} &= MF_{EH} + MF_{EB} &= 1\,771,90 - 2\,067,30 = -295,40 \text{ Kg/m} \\
 \text{Nudo H} &= MF_{HE} + MF_{HK} &= 2\,067,30 - 1\,175,80 = 891,50 \text{ Kg/m} \\
 \text{Nudo C} &= MF_{CF} &= -1\,264,40 \text{ Kg/m} \\
 \text{Nudo F} &= MF_{FI} + MF_{FC} &= -1\,508,10 + 1\,264,40 = -243,70 \text{ Kg/m} \\
 \text{Nudo I} &= MF_{IF} + MF_{IL} &= 1\,508,10 - 832,80 = 675,30 \text{ Kg/m} \\
 \text{Nudo L} &= MF_{LI} &= 832,80 \text{ Kg/m} \\
 \text{Nudo K} &= MF_{KH} &= 1\,175,80 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

Cálculo de rigidez de los elementos

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

Inercia de los elementos rectangulares

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{30 \times 30^3}{12} = 67\,500,00 \text{ cm}^4$$

Inercia relativa: $I_{\text{cols}} = 1$

Segundo nivel:

$$I_{\text{viga}} = \frac{20 \times 40^3}{12} = 106\,666,67 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{106\,666,67}{67\,500,00} = 1,58$$

Primer nivel:

$$I_{\text{viga}} = \frac{25 \times 50^3}{12} = 260\,416,67 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{260\,416,67}{67\,500,00} = 3,86$$

Rigidez

$$K_{AB} = K_{BA} = K_{DE} = K_{ED} = K_{GH} = K_{HG} = K_{JK} = K_{KJ} = \frac{1}{4,85} = 0,21$$

$$K_{BC} = K_{CB} = K_{EF} = K_{FE} = K_{HI} = K_{IH} = K_{KL} = K_{LK} = \frac{1}{3,12} = 0,32$$

$$K_{BE} = K_{EB} = \frac{3,86}{5,00} = 0,77$$

$$K_{EH} = K_{HE} = K_{HK} = K_{KH} = \frac{3,86}{4,35} = 0,89$$

$$K_{CF} = K_{FC} = \frac{1,58}{5,00} = 0,32$$

$$K_{FI} = K_{IF} = K_{IL} = K_{LI} = \frac{1,58}{4,35} = 0,36$$

Cálculo de factores de giro o coeficiente de reparto

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{in}} \right)$$

Nudo A,D,G,J:

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{AB}}{K_{A-Suelo} + K_{AB}} \right) = 0$$

Nudo B:

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{BA}}{K_{BA} + K_{BE} + K_{BC}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,21}{0,21 + 0,77 + 0,32} \right) = -0,079$$

$$\mu_{BE} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{BE}}{K_{BA} + K_{BE} + K_{BC}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,77}{0,21+0,77+0,32} \right) = -0,297$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{BC}}{K_{BA} + K_{BE} + K_{BC}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,32}{0,21+0,77+0,32} \right) = -0,123$$

Nudo C:

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{CB}}{K_{CB} + K_{CF}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,32}{0,32+0,32} \right) = -0,25$$

$$\mu_{CF} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{CF}}{K_{CF} + K_{CF}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,32}{0,32+0,32} \right) = -0,25$$

Nudo E:

$$\mu_{EB} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{EB}}{K_{EB} + K_{ED} + K_{EH} + K_{EF}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,77}{0,77+0,21+0,89+0,32} \right) = -0,177$$

$$\mu_{ED} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{ED}}{K_{EB} + K_{ED} + K_{EH} + K_{EF}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,21}{0,77+0,21+0,89+0,32} \right) = -0,047$$

$$\mu_{EH} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{EH}}{K_{EB} + K_{ED} + K_{EH} + K_{EF}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,89}{0,77+0,21+0,89+0,32} \right) = -0,203$$

$$\mu_{EF} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{EF}}{K_{EB} + K_{ED} + K_{EH} + K_{EF}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,32}{0,77+0,21+0,89+0,32} \right) = -0,073$$

Nudo F:

$$\mu_{FC} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{FC}}{K_{FC} + K_{FE} + K_{FI}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,32}{0,32 + 0,32 + 0,36} \right) = -0,160$$

$$\mu_{FE} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{FE}}{K_{FC} + K_{FE} + K_{FI}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,32}{0,32 + 0,32 + 0,36} \right) = -0,160$$

$$\mu_{FI} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{FI}}{K_{FC} + K_{FE} + K_{FI}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,36}{0,32 + 0,32 + 0,36} \right) = -0,180$$

Nudo I:

$$\mu_{IH} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{IH}}{K_{IH} + K_{IL} + K_{IF}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,32}{0,32 + 0,37 + 0,36} \right) = -0,150$$

$$\mu_{IL} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{IL}}{K_{IH} + K_{IL} + K_{IF}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,37}{0,32 + 0,37 + 0,36} \right) = -0,170$$

$$\mu_{IF} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{IF}}{K_{IH} + K_{IL} + K_{IF}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,36}{0,32 + 0,37 + 0,36} \right) = -0,170$$

Nudo H:

$$\mu_{HE} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{HE}}{K_{HI} + K_{HK} + K_{HG} + K_{HE}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,89}{0,32 + 0,89 + 0,21 + 0,89} \right) = -0,192$$

$$\mu_{HG} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{HG}}{K_{HI} + K_{HK} + K_{HE} + K_{HG}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,21}{0,32 + 0,89 + 0,89 + 0,21} \right) = -0,045$$

$$\mu_{HK} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{HK}}{K_{HI} + K_{HE} + K_{HG} + K_{HK}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,89}{0,32 + 0,89 + 0,21 + 0,89} \right) = -0,194$$

$$\mu_{HI} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{HI}}{K_{HE} + K_{HK} + K_{HG} + K_{HI}} \right) = -\frac{1}{2} * \frac{0,32}{0,89 + 0,89 + 0,21 + 0,32} = -0,069$$

Nudo L:

$$\mu_{LI} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{LI}}{K_{LK} + K_{LI}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,37}{0,32 + 0,37} \right) = -0,268$$

$$\mu_{LK} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{LK}}{K_{LK} + K_{LI}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,32}{0,32 + 0,37} \right) = -0,232$$

Nudo K:

$$\mu_{KH} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{KH}}{K_{KJ} + K_{KH} + K_{KL}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,89}{0,21 + 0,89 + 0,32} \right) = -0,315$$

$$\mu_{KJ} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{KJ}}{K_{KH} + K_{KJ} + K_{KL}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,21}{0,89 + 0,21 + 0,32} \right) = -0,072$$

$$\mu_{KL} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{KL}}{K_{KJ} + K_{KL} + K_{KH}} \right) = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,32}{0,21 + 0,32 + 0,89} \right) = -0,117$$

Cálculo de factores de corrimiento $V = -\frac{3}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{in}} \right)$

Segundo nivel:

$$V_{CB} = -\frac{3}{2} \left(\frac{K_{CB}}{K_{CB} + K_{FE} + K_{IH} + K_{LK}} \right) = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,33}{0,33 + 0,33 + 0,33 + 0,33} \right) = -0,375$$

$$V_{CB} = V_{FE} = V_{IH} = V_{LK} = -0,375$$

Primer nivel:

$$V_{BA} = -\frac{3}{2} \left(\frac{K_{BA}}{K_{BA} + K_{ED} + K_{HG} + K_{KJ}} \right) = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,21}{0,21 + 0,21 + 0,21 + 0,21} \right) = -0,375$$

$$V_{BA} = V_{ED} = V_{HG} = V_{KJ} = -0,375$$

Influencias de giro (M'_{ik}) – primera iteración, secuencia BCFILKHE

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_S + \sum (M'_{in} + M''_{in}))$$

Nudo B:

$$\begin{aligned} M'_{BA} &= \mu_{BA} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,08 (-1771,875 + (0+0+0+0+0)) \\ &= 140,70 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M'_{BE} &= \mu_{BE} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\
&= -0,30 (-1771,875 + (0+0+0+0+0)) \\
&= 526,53 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M'_{BC} &= \mu_{BC} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\
&= -0,12 (-1771,875 + (0+0+0+0+0)) \\
&= 218,71 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

Nudo C:

$$\begin{aligned}
M'_{CB} &= \mu_{CB} (M_C + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\
&= -0,25 (-1264,38 + (218,71+0+0)) \\
&= 261,42 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M'_{CF} &= \mu_{CF} (M_C + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\
&= -0,25 (-1264,38 + (218,71+0+0)) \\
&= 261,42 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

Nudo F:

$$\begin{aligned}
M'_{FC} &= \mu_{FC} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
&= -0,16 (-243,70 + (261,42+0+0+0)) \\
&= -2,79 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M'_{FE} &= \mu_{FE} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
&= -0,16 (-243,70 + (261,42 + 0 + 0 + 0)) \\
&= -2,83 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M'_{FI} &= \mu_{FI} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
&= -0,18 (-243,70 + (261,42 + 0 + 0 + 0)) \\
&= -3,21 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

Influencias de desplazamiento (M''_{ik}) – primera iteración:

$$M''_{ik} = V_{ik} (\sum (M'_{ik} + M_{ki}))$$

Primer nivel:

$$M''_{AB} = V_{AB} (M'_{BA} + M'_{AB} + M'_{ED} + M'_{DE} + M'_{HG} + M'_{GH} + M'_{KJ} + M'_{JK})$$

$$M''_{AB} = -0,375 (140,70 + 0 - 6,51 + 0 - 21,02 + 0 - 73,07 + 0) = -15,04$$

$$M''_{AB} = M''_{DE} = M''_{GH} = M''_{JK} = -15,04 \text{ Kg-m}$$

Segundo nivel:

$$M''_{BC} = V_{BC} (M'_{BC} + M'_{CB} + M'_{EF} + M'_{FE} + M'_{HI} + M'_{IH} + M'_{KL} + M'_{LK})$$

$$\begin{aligned}
M''_{BC} &= -0,375 (261,42 + 218,71 - 2,83 - 10,11 - 102,45 - 32,67 - 166,62 - 113,58) = \\
&= -19,45 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

$$M''_{BC} = M''_{EF} = M''_{HI} = M''_{KL} = -19,45 \text{ Kg-m}$$

Influencias de giro (M'_{ik}) – segunda iteración:

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + \sum(M'_{in} + M''_{in}))$$

Nudo B:

$$\begin{aligned} M'_{BA} &= \mu_{BA}(M_B + \sum(M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,08 (-1771,9 + (0 - 24,34 + 261,42 - 15,04 - 19,45)) \\ &= 124,61 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BE} &= \mu_{BE}(M_B + \sum(M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,30 (-1771,9 + (0 - 24,34 + 261,42 - 15,04 - 19,45)) \\ &= 466,33 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BC} &= \mu_{BC}(M_B + \sum(M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,12 (-1771,9 + (0 - 24,34 + 261,42 - 15,04 - 19,45)) \\ &= 193,71 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

Nudo C:

$$\begin{aligned} M'_{CB} &= \mu_{CB}(M_C + \sum(M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\ &= -0,25 (-1264,38 + (193,71 - 2,79 - 19,45)) \\ &= 273,23 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M'_{CF} &= \mu_{CF} (M_C + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\
 &= -0,25 (-1264,38 + (193,71 - 2,79 - 19,45)) \\
 &= 273,23 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

Nudo F:

$$\begin{aligned}
 M'_{FC} &= \mu_{FC} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
 &= -0,16 (-243,75 + (273,23 - 10,11 - 116,12 - 19,45)) \\
 &= 18,37 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M'_{FE} &= \mu_{FE} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
 &= -0,16 (-243,75 + (273,23 - 10,11 - 116,12 - 19,45)) \\
 &= 18,63 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M'_{FI} &= \mu_{FI} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
 &= -0,18 (-243,75 + (273,23 - 10,11 - 116,12 - 19,45)) \\
 &= 21,11 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

Influencias de desplazamiento (M''_{ik}) – segunda iteración:

$$M''_{ik} = V_{ik} (\sum (M_{ik} + M_{ki}))$$

Primer nivel:

$$M''_{AB} = V_{BA} (M'_{BA} + M'_{ED} + M'_{HG} + M'_{KJ})$$

$$M''_{AB} = -0,375 (124,61 - 3,02 - 21,18 - 65,55)$$

$$M''_{AB} = M''_{DE} = M''_{GH} = M''_{JK} = -13,08 \text{ Kg-m}$$

Segundo nivel:

$$M''_{BC} = V_{BC} (M'_{BC} + M'_{CB} + M'_{EF} + M'_{FE} + M'_{HI} + M'_{IH} + M'_{KL} + M'_{LK})$$

$$M''_{BC} = -0,375 (273,23 + 193,71 + 18,63 - 4,69 - 69,09 - 32,92 - 144,55 - 101,89)$$

$$M''_{BC} = M''_{EF} = M''_{HI} = M''_{KL} = -49,66 \text{ Kg-m}$$

Influencias de giro (M'_{ik}) – tercera iteración:

Nudo B:

$$\begin{aligned} M'_{BA} &= \mu_{BA} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,08 (-1771,9 + (0 - 11,29 + 273,23 - 13,08 - 49,66)) \\ &= 124,88 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BE} &= \mu_{BE} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,30 (-1771,9 + (0 - 11,29 + 273,23 - 13,08 - 49,66)) \\ &= 467,33 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BC} &= \mu_{BC} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,12 (-1771,9 + (0 - 11,29 + 273,23 - 13,08 - 49,66)) \\ &= 194,12 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

Nudo C:

$$\begin{aligned}M'_{CB} &= \mu_{CB}(M_C + \sum(M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\ &= -0,25 (-1264,38 + (194,12 + 18,37 - 49,66)) \\ &= 275,39 \text{ Kg-m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{CF} &= \mu_{CF}(M_C + \sum(M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\ &= -0,25 (-1264,38 + (194,12 + 18,37 - 49,66)) \\ &= 275,39 \text{ Kg-m}\end{aligned}$$

Nudo F:

$$\begin{aligned}M'_{FC} &= \mu_{FC}(M_F + \sum(M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\ &= -0,16 (-243,75 + (275,39 - 4,69 - 78,31 - 49,66)) \\ &= 15,97 \text{ Kg-m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{FE} &= \mu_{FE}(M_F + \sum(M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\ &= -0,16 (-243,75 + (275,39 - 4,69 - 78,31 - 49,66)) \\ &= 16,19 \text{ Kg-m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{FI} &= \mu_{FI}(M_F + \sum(M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\ &= -0,18 (-243,75 + (275,39 - 4,69 - 78,31 - 49,66)) \\ &= 18,35 \text{ Kg-m}\end{aligned}$$

Así sucesivamente se finaliza hasta terminar en el nudo que se inició.

Influencias de desplazamiento (M''_{ik}) – tercera iteración:

Primer nivel:

$$M''_{AB} = V_{BA} (M'_{BA} + M'_{ED} + M'_{HG} + M'_{KJ})$$

$$M''_{AB} = -0,375 (124,88 -1,66 -20,99 -63,74)$$

$$M''_{AB} = M''_{DE} = M''_{GH} = M''_{JK} = -14,43 \text{ Kg-m}$$

Segundo nivel:

$$M''_{BC} = V_{BC} (M'_{BC} + M'_{CB} + M'_{EF} + M'_{FE} + M'_{HI} + M'_{IH} + M'_{KL} + M'_{LK})$$

$$M''_{BC} = -0,375 (275,39 +194,71 +16,19 -2,57 -67,89 -32,63 -140,56 -99,08)$$

$$M''_{BC} = M''_{EF} = M''_{HI} = M''_{KL} = -53,61 \text{ Kg-m}$$

Influencias de giro (M'_{ik}) – cuarta iteración:

Nudo B:

$$\begin{aligned} M'_{BA} &= \mu_{BA} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,08 (-1771,9 + (0 -6,20 + 275,39 -14,43 -53,61)) \\ &= 124,73 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BE} &= \mu_{BE} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\ &= -0,30 (-1771,9 + (0 -6,20 + 275,39 -14,43 -53,61)) \\ &= 466,76 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M'_{BC} &= \mu_{BC} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\
&= -0,12 (-1771,9 + (0 - 6,20 + 275,39 - 14,43 - 53,61)) \\
&= 193,88 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

Nudo C:

$$\begin{aligned}
M'_{CB} &= \mu_{CB} (M_C + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\
&= -0,25 (-1264,38 + (193,88 + 15,97 - 53,61)) \\
&= 277,03 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M'_{CF} &= \mu_{CF} (M_C + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\
&= -0,25 (-1264,38 + (193,88 + 15,97 - 53,61)) \\
&= 277,03 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

Nudo F:

$$\begin{aligned}
M'_{FC} &= \mu_{FC} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
&= -0,16 (-243,75 + (277,03 - 2,57 - 76,94 - 53,61)) \\
&= 15,78 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M'_{FE} &= \mu_{FE} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
&= -0,16 (-243,75 + (277,03 - 2,57 - 76,94 - 53,61)) \\
&= 16,00 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M'_{FI} &= \mu_{FI} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
&= -0,18 (-243,75 + (277,03 - 2,57 - 76,94 - 53,61)) \\
&= 18,14 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

Primer nivel:

$$\begin{aligned}
M''_{AB} &= V_{BA} (M'_{BA} + M'_{ED} + M'_{HG} + M'_{KJ}) \\
M''_{AB} &= -0,375 (124,73 - 1,35 - 21,07 - 63,43) \\
M''_{AB} &= M''_{DE} = M''_{GH} = M''_{JK} = -14,58 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

Segundo nivel:

$$\begin{aligned}
M''_{BC} &= V_{BC} (M'_{BC} + M'_{CB} + M'_{EF} + M'_{FE} + M'_{HI} + M'_{IH} + M'_{KL} + M'_{LK}) \\
M''_{BC} &= -0,375 (277,03 + 193,88 + 16,00 - 2,10 - 67,99 - 32,75 - 140,26 - 99,61) \\
M''_{BC} &= M''_{EF} = M''_{HI} = M''_{KL} = -54,45 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

Las demás iteraciones se realizaron de igual forma hasta llegar a siete, ya que hasta esta se repetían los datos finales.

Influencias de giro (M'_{ik}) – séptima iteración:

Nudo B:

$$\begin{aligned}
M'_{BA} &= \mu_{BA} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\
&= -0,08 (-1771,9 + (0 - 4,71 + 277,40 - 14,57 - 54,65)) \\
&= 124,54 \text{ Kg-m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M'_{BE} &= \mu_{BE} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\
 &= -0,30 (-1771,9 + (0 - 4,71 + 277,40 - 14,57 - 54,65)) \\
 &= 466,07 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M'_{BC} &= \mu_{BC} (M_B + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BC})) \\
 &= -0,12 (-1771,9 + (0 - 4,71 + 277,40 - 14,57 - 54,65)) \\
 &= 193,60 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

Nudo C:

$$\begin{aligned}
 M'_{CB} &= \mu_{CB} (M_C + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\
 &= -0,25 (-1264,38 + (193,60 + 15,79 - 54,65)) \\
 &= 277,41 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M'_{CF} &= \mu_{CF} (M_C + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M''_{BC})) \\
 &= -0,25 (-1264,38 + (193,60 + 15,79 - 54,65)) \\
 &= 277,41 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

Nudo F:

$$\begin{aligned}
 M'_{FC} &= \mu_{FC} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
 &= -0,16 (-243,75 + (277,41 - 1,96 - 76,93 - 54,65)) \\
 &= 15,79 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M'_{FE} &= \mu_{FE} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
 &= -0,16 (-243,75 + (277,41 - 1,96 - 76,93 - 54,65)) \\
 &= 16,01 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M'_{FI} &= \mu_{FI} (M_F + \sum (M'_{CF} + M'_{EF} + M'_{IF} + M''_{BC})) \\
 &= -0,18 (-243,75 + (277,41 - 1,96 - 76,93 - 54,65)) \\
 &= 18,14 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra para columnas.

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

Segundo nivel:

$$\begin{aligned}
 M_{BC} &= M_{BC} + 2M'_{BC} + M'_{CB} + M''_{BC} \\
 M_{BC} &= 0 + 2(193,60) + 277,41 - 54,65 \\
 M_{BC} &= 609,95 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{CB} &= M_{CB} + 2M'_{CB} + M'_{BC} + M''_{CB} \\
 M_{CB} &= 0 + 2(277,41) + 193,60 - 54,65 \\
 M_{CB} &= -693,76 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra para vigas.

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

Segundo nivel:

$$M_{CF} = M_{CF} + 2M'_{CF} + M'_{FC}$$

$$M_{CF} = -1264,38 + 2(277,41) + 15,79$$

$$M_{CF} = -693,77 \text{ Kg-m}$$

$$M_{FC} = M_{FC} + 2M'_{FC} + M'_{CF}$$

$$M_{FC} = 1264,38 + 2(15,79) + 277,41$$

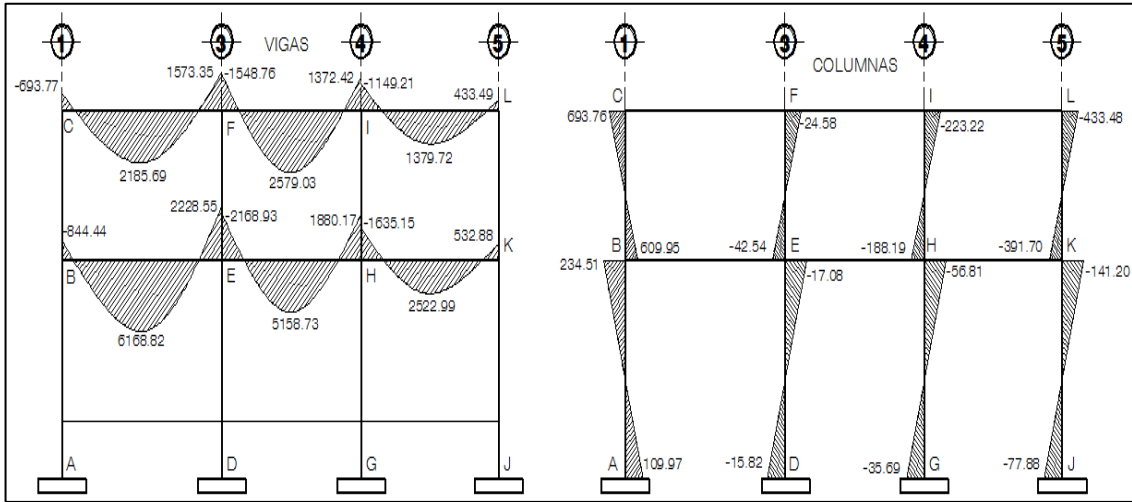
$$M_{FC} = 1573,35 \text{ Kg-m}$$

La rigidez, los factores de giro y los factores de corrimiento que se calcularon en el análisis de carga muerta, son los mismos que se utilizan en los análisis de carga viva y fuerza de sismo,

Resultado del análisis de Kani –marco típico con nudos rígidos, sentido Y

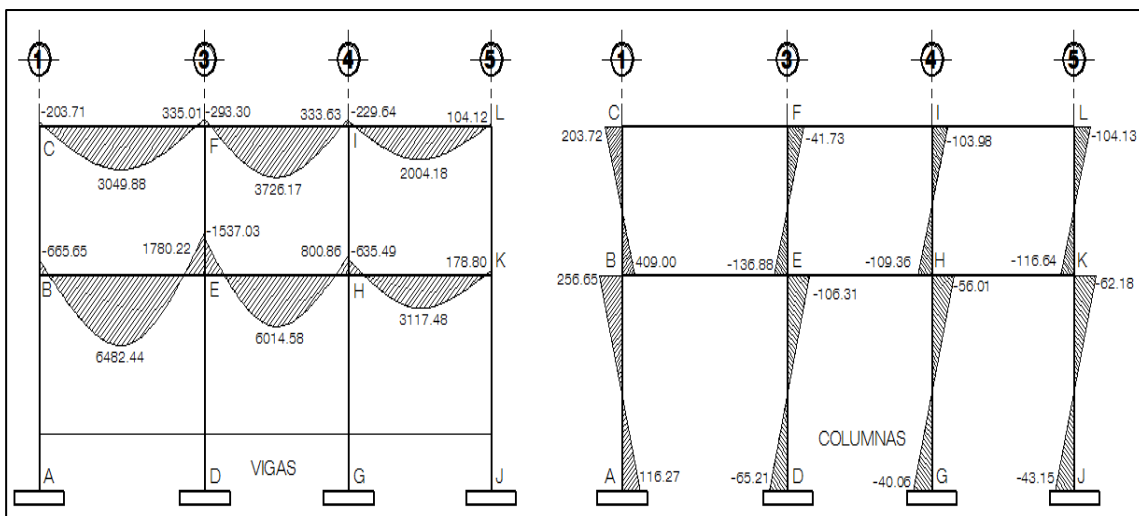
Los resultados del análisis estructural del módulo 1 por separación de carga muerta, viva y sismo en el sentido Y, se presentan en las figuras 28, 29 y 30.

Figura 28. **Diagrama de momentos (Kg-m) carga muerta- sentido Y- módulo 1**



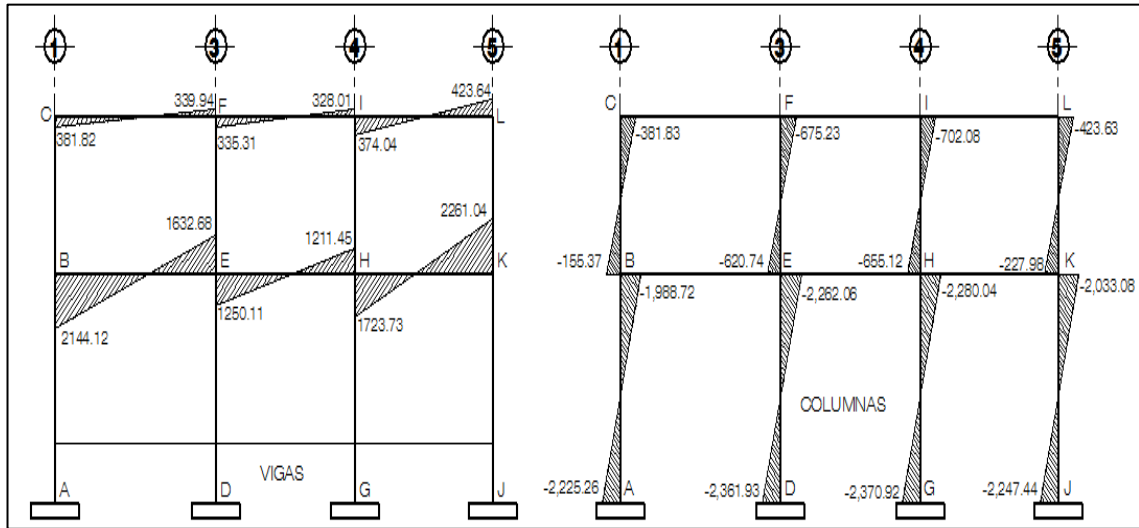
Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 29. **Diagrama de momentos (Kg-m) carga viva- sentido Y- módulo 1**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 30. **Diagrama de momentos (Kg-m) fuerza de sismo-sentido Y**

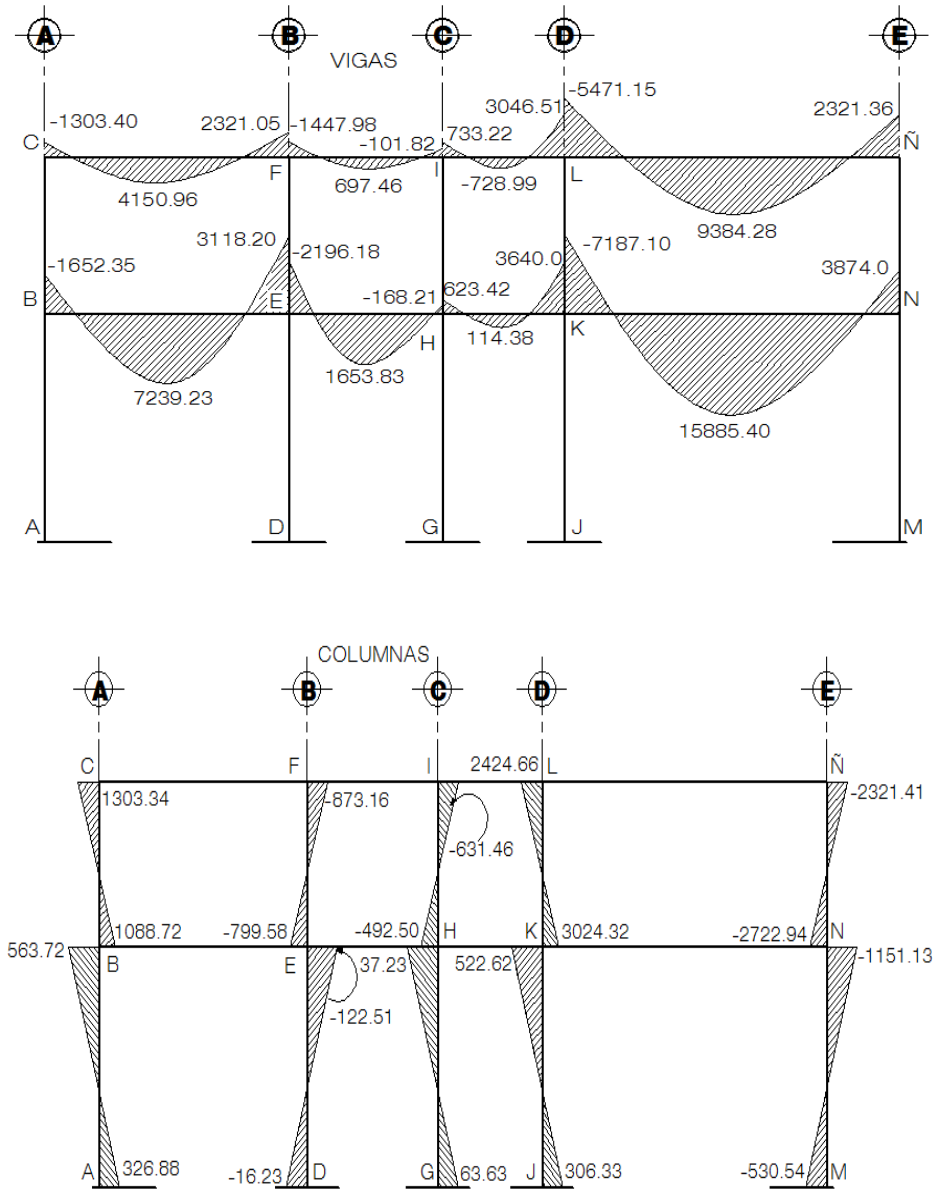


Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Resultado del análisis de Kani –marco típico con nudos rígidos, sentido X

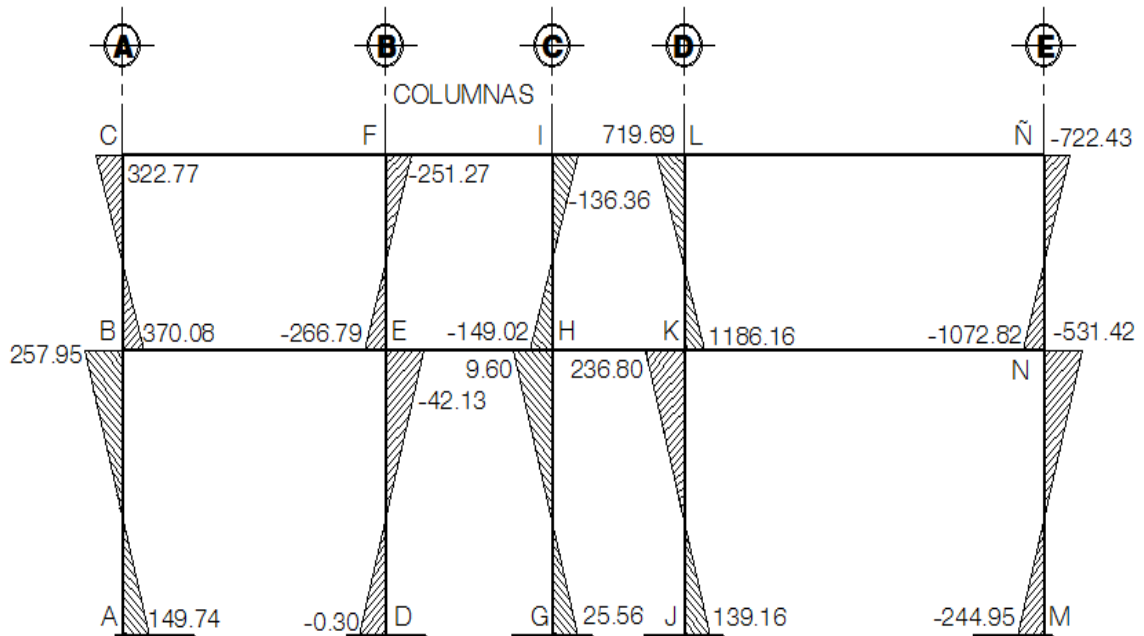
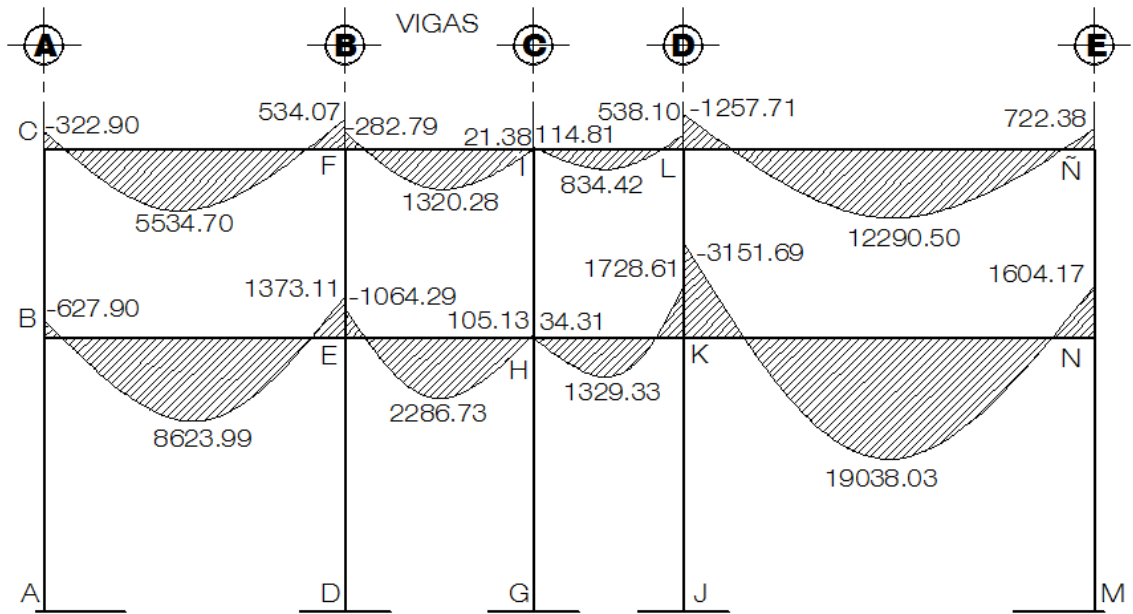
Para el análisis del marco en el sentido X, se aplicó el mismo procedimiento que se describió en el marco sentido Y, los resultados del análisis se presentan en las figuras 31, 32 y 33 de las respectivas interacciones con carga viva, carga muerta y fuerza de sismo.

Figura 31. Diagrama de momentos (Kg-m)-carga muerta-sentido X, módulo 1



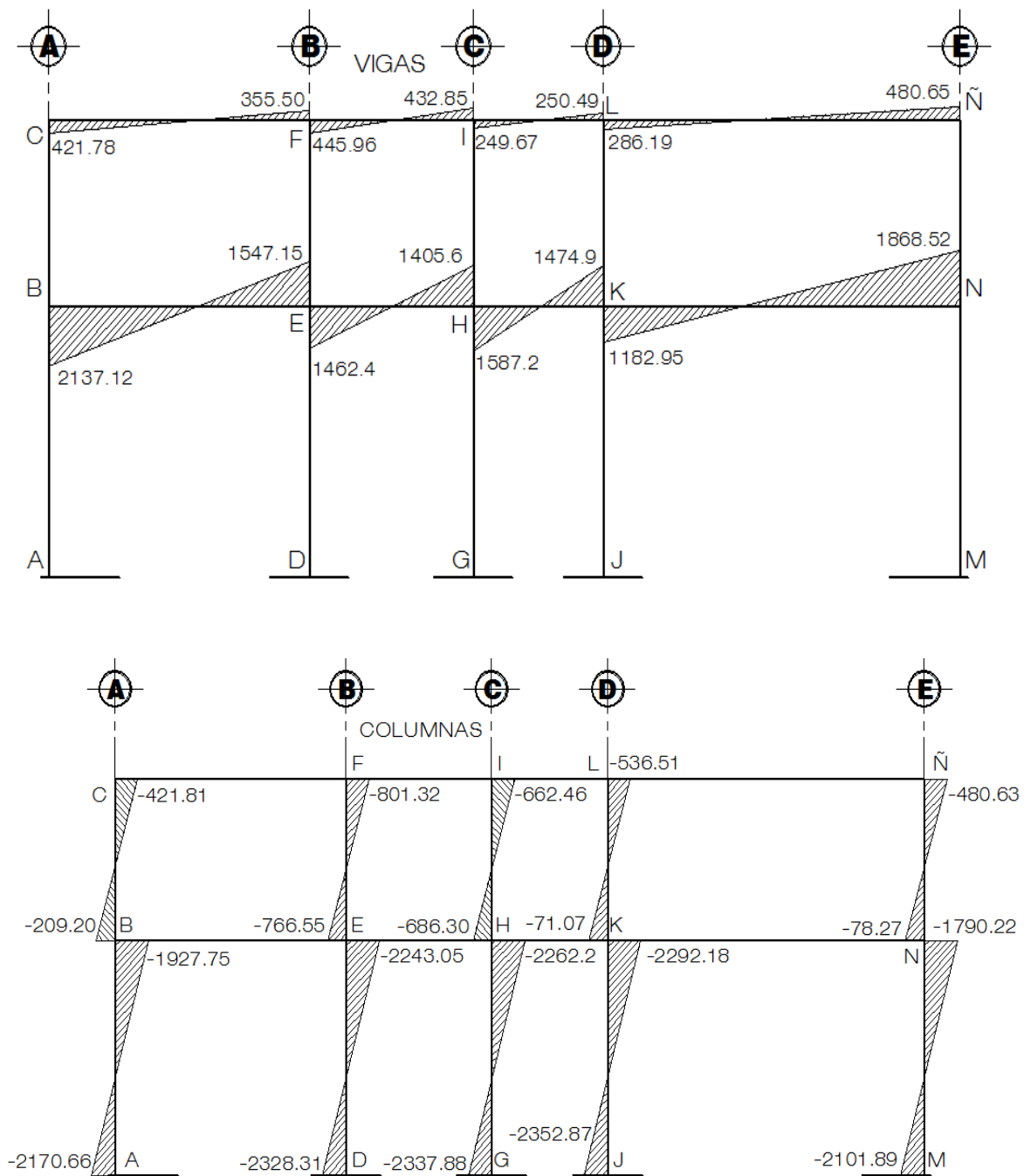
Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 32. Diagrama de momentos (Kg-m)-carga viva-sentido X, módulo 1



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 33. Diagrama de momentos (Kg-m)–fuerza de sismo–sentido X



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Envolvente de momentos

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos, que pueden ocurrir al superponerse los efectos de carga muerta, carga viva y carga de sismo tanto en vigas como en columnas. Las fórmulas que propone el Código ACI 318-99 capítulo 9 para considerar la superposición de efectos o combinaciones son las siguientes:

- $1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$
- $0,75 (1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV} + 1,87 \text{ S})$
- $0,75 (1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV} - 1,87 \text{ S})$
- $0,9 \text{ CM} + 1,43 \text{ S}$
- $0,9 \text{ CM} - 1,43 \text{ S}$

En las tablas XVIII y XIX se observa la envolvente de momentos.

Tabla XVIII. **Envolvente de momentos en columnas sentido X**

| 2do. NIVEL | 0,75(1,4CM+ 1,7CV | 1,4CM+ 1,7CV | 0,9CM+ 1,43S | 0,9CM- 1,43S | 0,75(1,4CM+ 1,7CV-1,87S | Momento Máx.(+) Kg-m | Momento Máx.(-) Kg-m |
|------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| M CB= | 1 188,45 | 2 373,39 | 569,82 | 1 776,20 | 2 371,63 | 2 373,39 | 569,82 |
| M FE= | -2 361,05 | -1 649,59 | -1 931,74 | 360,04 | -113,34 | 360,04 | -2 361,05 |
| M IH= | -1 765,98 | -1 115,85 | -1 515,63 | 379,01 | 92,21 | 379,01 | -1 765,98 |
| M LK= | 2 711,04 | 4 617,99 | 1 414,98 | 2 949,41 | 4 215,95 | 4 617,99 | 1 414,98 |
| M ÑÑ= | -4 032,66 | -4 478,11 | -2 776,57 | -1 401,97 | -2 684,50 | -1 401,97 | -4 478,11 |
| M BC= | 1 321,60 | 2 153,35 | 680,69 | 1 279,01 | 1 908,42 | 2 153,35 | 680,69 |
| M EF= | -2 254,82 | -1 572,96 | -1 815,80 | 376,55 | -104,63 | 376,55 | -2 254,82 |
| M HI= | -1 669,66 | -942,84 | -1 424,66 | 538,16 | 255,41 | 538,16 | -1 669,66 |
| M KL= | -567,14 | -623,28 | -193,27 | 10,00 | -367,79 | 10,00 | -623,28 |
| M NÑ= | 3 235,45 | 4 460,29 | 2 629,94 | 2 853,79 | 3 454,99 | 4 460,29 | 2 629,94 |

Continuación de la tabla XVIII.

| 1er. NIVEL | 0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S) | 1,4CM+1,7CV | 0,9CM+1,43S | 0,9CM-1,43S | 0,75 (1,4CM+1,7CV-1,87S) | Momento Máx.(+) Kg-m | Momento Máx.(-) Kg-m |
|------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| M BA= | -1 782,88 | 1 227,72 | -2 249,33 | 3 264,03 | 3 624,46 | 3 624,46 | -2 249,33 |
| M ED= | -3 328,23 | -243,14 | -3 317,82 | 3 097,30 | 2 963,52 | 3 097,30 | -3 328,23 |
| M HG= | -3 121,40 | 68,44 | -3 201,43 | 3 268,45 | 3 224,06 | 3 268,45 | -3 201,43 |
| M KJ= | -2 364,11 | 1 134,22 | -2 807,46 | 3 748,17 | 4 065,45 | 4 065,45 | -2 807,46 |
| M NM= | -4 397,03 | -2 515,00 | -3 596,03 | 1 524,00 | 624,53 | 1 524,00 | -4 397,03 |
| M AB= | -2 510,21 | 712,19 | -2 809,85 | 3 398,23 | 3 578,49 | 3 578,49 | -2 809,85 |
| M DE= | -3 282,88 | -23,24 | -3 344,09 | 3 314,87 | 3 248,02 | 3 314,87 | -3 344,09 |
| M GH= | -3 179,47 | 132,55 | -3 285,90 | 3 400,44 | 3 378,29 | 3 400,44 | -3 285,90 |
| M JK= | -2 800,82 | 665,44 | -3 088,91 | 3 640,30 | 3 798,98 | 3 798,98 | -3 088,91 |
| M MN= | -3 817,28 | -1 159,17 | -3 483,20 | 2 528,22 | 2 078,53 | 2 528,22 | -3 817,28 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Envolvente de momentos en vigas sentido X**

| 1er. NIVEL | 0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S) | 1,4CM+1,7CV | 0,9CM+1,43S | 0,9CM-1,43S | 0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S) | Momento Máx.(-) Kg-m | Momento Máx. (+) Kg-m |
|------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| M BE= | 461,76 | -3 380,73 | 1 568,96 | -4 543,19 | -5 532,85 | -5 532,85 | 1 568,96 |
| M EH= | -1 040,83 | -4 122,58 | 604,20 | -3 578,43 | -5 143,03 | -5 143,03 | 604,20 |
| M HK= | 54,10 | -2 895,94 | 293,14 | -4 246,26 | -4 398,00 | -4 398,00 | 293,14 |
| M KN= | -1 704,73 | -4 485,09 | 2 252,70 | -1 130,54 | -5 022,90 | -5 022,90 | 2 252,70 |
| M EB= | 7 194,69 | 6 699,76 | 5 018,80 | 593,96 | 2 854,95 | 593,96 | 7 194,69 |
| M HE= | 1 838,46 | -177,18 | 1 858,61 | -2 161,39 | -2 104,23 | -2 161,39 | 1 858,61 |
| M KH= | 8 094,68 | 8 034,91 | 5 385,24 | 1 167,13 | 3 957,69 | 1 167,13 | 8 094,68 |
| M NK= | 8 733,62 | 8 150,69 | 6 158,59 | 814,61 | 3 492,41 | 814,61 | 8 733,62 |

Continuación de la tabla XIX.

| 2do. NIVEL | 0,75(1,4CM+ 1,7CV | 1,4CM+ 1,7CV | 0,9CM+ 1,43S | 0,9CM- 1,43S | 0,75(1,4CM+ 1,7CV-1,87S | Momento Máx.(+) Kg-m | Momento Máx.(-) Kg-m |
|------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| M CF= | -1 188,71 | -2 373,69 | -569,91 | -1 776,21 | -2 371,82 | -2 373,69 | -569,91 |
| M FI= | -1 255,48 | -2 507,92 | -665,47 | -1 940,91 | -2 506,39 | -2 507,92 | -665,47 |
| M IL= | 0,44 | -466,30 | -68,20 | -782,26 | -699,89 | -782,26 | 0,44 |
| M LÑ= | -706,11 | -1 476,65 | 834,47 | 15,98 | -1 508,86 | -1 508,86 | 834,47 |
| M FC= | 3 616,63 | 4 157,40 | 2 597,31 | 1 580,58 | 2 619,46 | 1 580,58 | 4 157,40 |
| M IF= | 527,42 | -106,20 | 527,34 | -710,61 | -686,72 | -710,61 | 527,34 |
| M LI= | 4 236,24 | 5 179,89 | 3 100,07 | 2 383,66 | 3 533,60 | 2 383,66 | 5 179,89 |
| M ÑL= | 4 032,55 | 4 477,92 | 2 776,55 | 1 401,89 | 2 684,33 | 1 401,89 | 4 477,92 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Envoltente de momentos en columnas sentido Y

| 2do. NIVEL | 0,75(1,4CM+ 1,7CV | 1,4CM+ 1,7CV | 0,9CM+ 1,43S | 0,9CM- 1,43S | 0,75(1,4CM+ 1,7CV-1,87S | Momento Máx.(+) Kg-m | Momento Máx.(-) Kg-m |
|------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| M CB= | 452,67 | 1 317,59 | 78,36 | 1 170,41 | 1 523,71 | 78,36 | 1 523,71 |
| M FE= | -1 026,03 | -105,36 | -987,71 | 943,45 | 867,99 | -1 026,03 | 943,45 |
| M IH= | -1 351,62 | -489,27 | -1 204,87 | 803,07 | 617,71 | -1 351,62 | 803,07 |
| M LK= | -1 182,05 | -783,89 | -995,92 | 215,65 | 6,22 | -1 182,05 | 215,65 |
| M BC= | 944,01 | 1 549,23 | 326,77 | 771,14 | 1 379,83 | 326,77 | 1 549,23 |
| M EF= | -1 089,78 | -292,26 | -925,95 | 849,37 | 651,39 | -1 089,78 | 849,37 |
| M HI= | -1 255,84 | -449,38 | -1 106,20 | 767,46 | 581,78 | -1 255,84 | 767,46 |
| M KL= | -879,73 | -746,65 | -678,54 | -26,51 | -240,25 | -879,73 | -26,51 |

Continuación de la tabla XX.

| 2do. NIVEL | 0,75(1,4CM+1,7CV | 1,4CM+1,7CV | 0,9CM+1,43S | 0,9CM-1,43S | 0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S | Momento Máx.(+) Kg-m | Momento Máx.(-) Kg-m |
|------------|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| M BA= | -2 215,73 | 764,61 | -2 632,82 | 3 054,94 | 3 362,65 | -2 632,82 | 3 362,65 |
| M ED= | -3 326,01 | -204,64 | -3 250,11 | 3 219,37 | 3 019,06 | -3 326,01 | 3 219,37 |
| M HG= | -3 328,81 | -174,75 | -3 311,58 | 3 209,32 | 3 066,69 | -3 328,81 | 3 209,32 |
| M KJ= | -3 078,93 | -303,38 | -3 034,38 | 2 780,23 | 2 623,86 | -3 078,93 | 2 780,23 |
| M AB= | -2 857,22 | 351,62 | -3 083,15 | 3 281,10 | 3 384,64 | -3 083,15 | 3 384,64 |
| M DE= | -3 412,36 | -133,01 | -3 391,80 | 3 363,32 | 3 212,85 | -3 412,36 | 3 363,32 |
| M GH= | -3 413,76 | -118,07 | -3 422,53 | 3 358,29 | 3 236,66 | -3 422,53 | 3 358,29 |
| M JK= | -3 288,82 | -182,38 | -3 283,93 | 3 143,74 | 3 015,25 | -3 288,82 | 3 143,74 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Envolvente de momentos en vigas sentido Y**

| 2do. NIVEL | 0,75(1,4CM+1,7CV | 1,4CM+1,7CV | 0,9CM+1,43S | 0,9CM-1,43S | 0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S | Momento Máx.(+) Kg-m | Momento Máx.(-) Kg-m |
|------------|------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| M BE= | 1 271,78 | -2 313,80 | 2 306,10 | -3 826,09 | -4 742,48 | -4 742,48 | 2 306,10 |
| M EH= | -2 483,81 | -5 649,47 | -164,38 | -3,739,70 | -5 990,38 | -5 990,38 | -164,38 |
| M HK= | -109,64 | -3 369,55 | 993,29 | -3 936,57 | -4 944,69 | -4 944,69 | 993,29 |
| M EB= | 6 899,59 | 6 146,34 | 4 340,43 | -329,04 | 2 319,92 | -329,04 | 6 899,59 |
| M HE= | 4 694,33 | 3 993,70 | 3 424,52 | -40,21 | 1 296,22 | -40,21 | 4 694,33 |
| M KH= | 3 958,60 | 1 049,99 | 3 712,87 | -2 753,70 | -2 383,61 | -2 753,70 | 3 958,60 |
| 2do. NIVEL | 0,75(1,4CM+1,7CV | 1,4CM+1,7CV | 0,9CM+1,43S | 0,9CM-1,43S | 0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S | Momento Máx.(+) Kg-m | Momento Máx.(-) Kg-m |
| M CF= | -452,69 | -1 317,60 | -78,39 | -1 170,40 | -1 523,70 | -1 523,70 | -78,39 |
| M FI= | -1 529,89 | -2 666,88 | -914,39 | -1 873,37 | -2 470,43 | -2 666,88 | -914,39 |
| M IL= | -974,87 | -1 999,29 | -499,41 | -1 569,17 | -2 024,06 | -2 024,06 | -499,41 |
| M FC= | 2 555,93 | 2 772,22 | 1 902,14 | 929,90 | 1 602,40 | 929,90 | 2 772,22 |
| M IF= | 2 326,45 | 2 488,55 | 1 704,24 | 766,12 | 1 406,38 | 766,12 | 2 488,55 |
| M LI= | 1 182,06 | 783,88 | 995,94 | -215,66 | -6,24 | -215,66 | 1 182,06 |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de momentos positivos en vigas

En la envolvente de momentos se calcula el momento positivo de las vigas con la siguiente fórmula.

$$M_{(+)} = \frac{Wl^2}{8} - \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Donde:

$M_1 + M_2$ corresponden a los momentos de los extremos de cada viga

Marco B sentido Y

$$CU = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$CU_{CF} = 1,4 (606,90) + 1,7 (125,00) = 1\ 062,16 \text{ Kg/m}$$

$$CU_{FI} = 1,4 (956,40) + 1,7 (217,50) = 1\ 707,86 \text{ Kg/m}$$

$$CU_{IL} = 1,4 (540,50) + 1,7 (107,44) = 939,35 \text{ Kg/m}$$

$$CU_{BE} = 1,4 (850,50) + 1,7 (750,00) = 2\ 465,70 \text{ Kg/m}$$

$$CU_{EH} = 1,4 (1\ 311,00) + 1,7 (706,78) = 3\ 036,93 \text{ Kg/m}$$

$$CU_{HK} = 1,4 (763,10) + 1,7 (268,60) = 1\ 524,96 \text{ Kg/m}$$

$$M_{(+)} = \frac{Wl^2}{8} - \frac{M_1 + M_2}{2}$$

$$M_{CF(+)} = \frac{1\ 062,16 \times 5,00^2}{8} - \frac{1\ 523,70 + 929,90}{2} = 2\ 092,45 \text{ Kg} - m$$

$$M_{FI(+)} = \frac{1\,707,86 \times 4,35^2}{8} - \frac{2\,666,88 + 766,12}{2} = 2\,323,12 \text{ Kg} - m$$

$$M_{IL(+)} = \frac{939,35 \times 4,30^2}{8} - \frac{2\,024,06 + 215,66}{2} = 1\,051,20 \text{ Kg} - m$$

$$M_{BE(+)} = \frac{2\,465,70 \times 5,00^2}{8} - \frac{4\,742,48 + 329,04}{2} = 5\,169,55 \text{ Kg} - m$$

$$M_{EH(+)} = \frac{3\,036,93 \times 4,35^2}{8} - \frac{5\,990,38 + 40,21}{2} = 4\,168,86 \text{ Kg} - m$$

$$M_{HK(+)} = \frac{1\,524,96 \times 4,30^2}{8} - \frac{4\,944,69 + 2\,753,70}{2} = -324,63 \text{ Kg} - m$$

En las tablas XXII y XXIII se presentan los datos del cálculo de momentos positivos en vigas para el sentido X del módulo uno.

Tabla XXII. Cargas últimas en vigas, sentido X

| | | | | | |
|--------------------|----------|------|--------------------|----------|------|
| CU _{CF} = | 1 908,22 | Kg/m | CU _{FI} = | 1 187,09 | Kg/m |
| CU _{IL} = | 1 485,92 | Kg/m | CU _{LÑ} = | 2 264,25 | Kg/m |
| CU _{BE} = | 3 079,84 | Kg/m | CU _{EH} = | 2 286,54 | Kg/m |
| CU _{HK} = | 2 875,13 | Kg/m | CU _{KN} = | 3 651,29 | Kg/m |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Momentos positivos en vigas, sentido X**

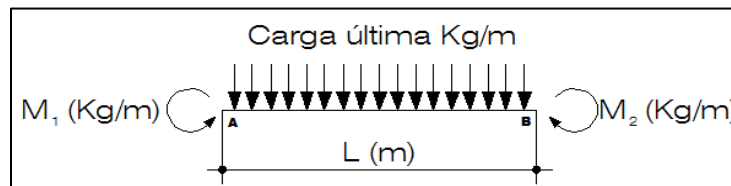
| | | | | | |
|------------|----------|------|------------|-----------|------|
| $M_{CF} =$ | 3 986,05 | Kg-m | $M_{FI} =$ | -136,90 | Kg/m |
| $M_{IL} =$ | -422,08 | Kg-m | $M_{LÑ} =$ | 11 825,16 | Kg/m |
| $M_{BE} =$ | 6 561,09 | Kg-m | $M_{EH} =$ | -816,19 | Kg/m |
| $M_{HK} =$ | -536,37 | Kg-m | $M_{KN} =$ | 18 497,20 | Kg/m |

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de cortes en vigas

Para el cálculo de cortes de vigas se debe analizar la estructura y realizar sumatoria de momentos respecto a un extremo y así obtener una reacción, después se realiza sumatoria de momentos en el otro extremo o sumatoria de fuerzas verticales y así encontrar el otro corte. Para el cálculo de cortes en columnas se efectúa sumatoria de los momentos de las columnas y se divide entre la altura de la misma. En la figura 34 se muestra el modelo matemático para calcular las reacciones en los apoyos de las vigas.

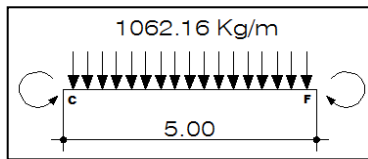
Figura 34. **Modelo matemático en vigas**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Cálculos de los cortes en marco B sentido Y

Figura 35. **Análisis de viga CF**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

$$\sum M_C = 0$$

$$-1\,523,70 + 2\,772,22 + (1\,062,16 \times 5,00^2)/2 - 5,00R_{FC} = 0$$

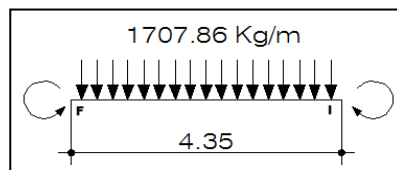
$$R_{FC} = 2905,10 \text{ Kg}$$

$$\sum F_V = 0$$

$$(1062,16 \times 5,00) - 2905,10 - R_{CF} = 0$$

$$R_{CF} = 2405,70 \text{ Kg}$$

Figura 36. **Análisis de viga FI**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

$$\sum M_F = 0$$

$$-2666,88 + 2488,55 + (1707,86 \times 4,35^2)/2 - 4,35R_{IF} = 0$$

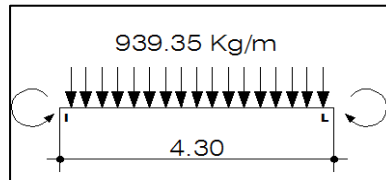
$$R_{IF} = 3673,60 \text{ Kg}$$

$$\sum F_V = 0$$

$$(1707,86 \times 4,35) - 3673,60 - R_{FI} = 0$$

$$R_{FI} = 3755,59 \text{ Kg}$$

Figura 37. **Análisis de viga IL**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

$$\sum M_I = 0$$

$$-2024,06 + 1182,06 + (939,35 \times 4,30^2)/2 - 4,30R_{LI} = 0$$

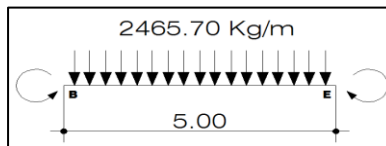
$$R_{LI} = 1823,79 \text{ Kg}$$

$$\sum F_v = 0$$

$$(939,35 \times 4,30) - 1823,79 - R_{IL} = 0$$

$$R_{IL} = 2215,41 \text{ Kg}$$

Figura 38. **Análisis de viga BE**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

$$\sum M_B = 0$$

$$-4742,48 + 6899,59 + (2465,70 \times 5,00^2)/2 - 5,00R_{EB} = 0$$

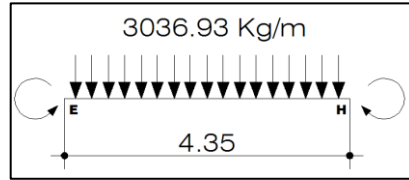
$$R_{EB} = 6595,67 \text{ Kg}$$

$$\sum F_v = 0$$

$$(2465,70 \times 5,00) - 6595,67 - R_{BE} = 0$$

$$R_{BE} = 5732,83 \text{ Kg}$$

Figura 39. **Análisis de viga EH**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

$$\sum M_E = 0$$

$$-5990,38 + 4694,33 + (3036,93 \times 4,35^2)/2 - 4,35R_{HE} = 0$$

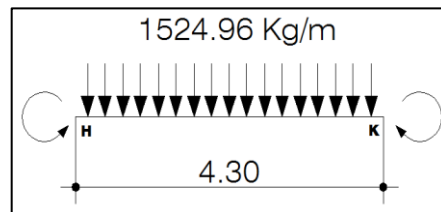
$$R_{HE} = 6308,18 \text{ Kg}$$

$$\sum F_V = 0$$

$$(3036,93 \times 4,35) - 6308,18 - R_{EH} = 0$$

$$R_{EH} = 6904,07 \text{ Kg}$$

Figura 40. **Análisis de viga HK**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

$$\sum M_H = 0$$

$$-4944,69 + 3958,60 + (1524,96 \times 4,30^2)/2 - 4,30R_{KH} = 0$$

$$R_{KH} = 3049,34 \text{ Kg}$$

$$\sum F_V = 0$$

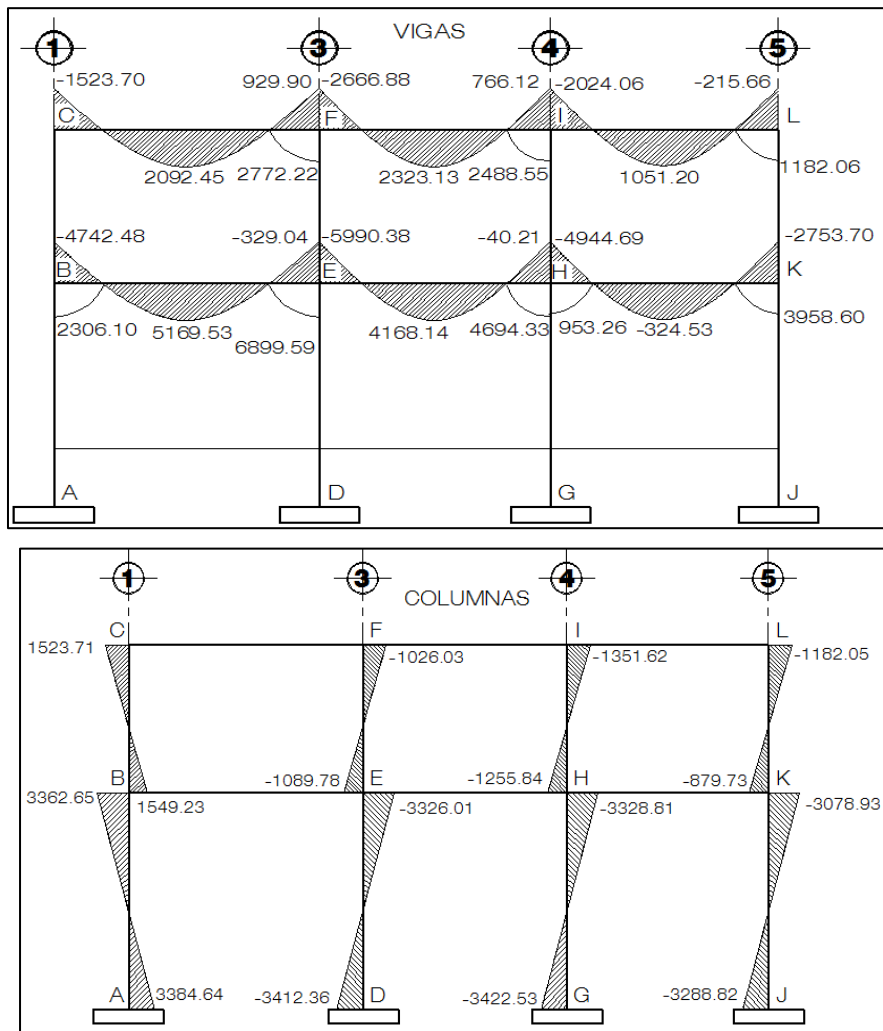
$$(1524,96 \times 4,30) - 3049,34 - R_{HK} = 0$$

$$R_{HK} = 3507,99 \text{ Kg}$$

- Diagrama de momentos y corte

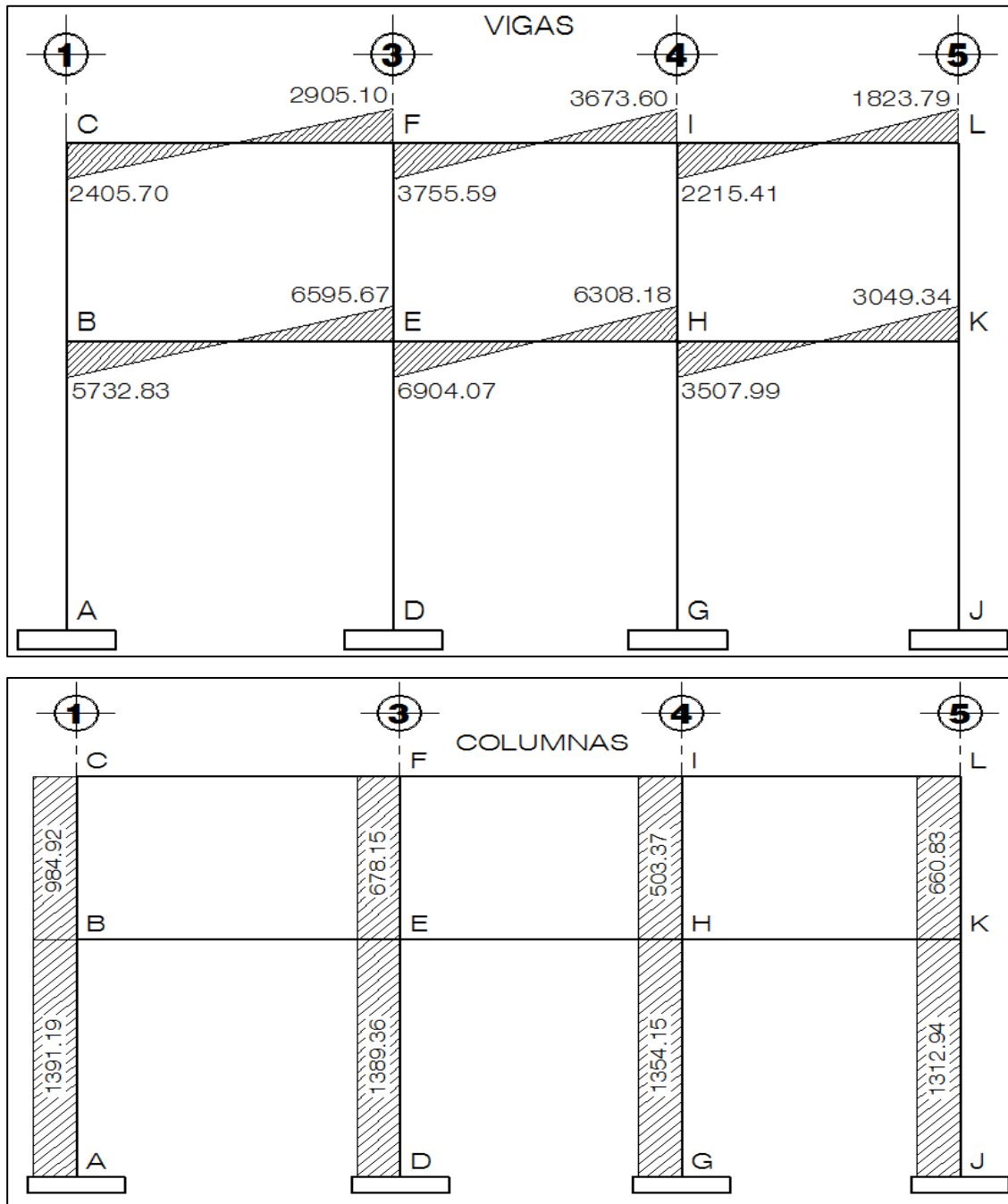
En las figuras 41 y 42 se muestran los diagramas de envolventes de momentos últimos y diagrama de cortes últimos del marco B, estos resultados son los que utilizaremos para el diseño de los distintos elementos estructurales.

Figura 41. **Diagrama de envolvente de momentos últimos (Kg-m), marco B sentido Y – módulo 1, edificio escolar aldea Vaquilito**



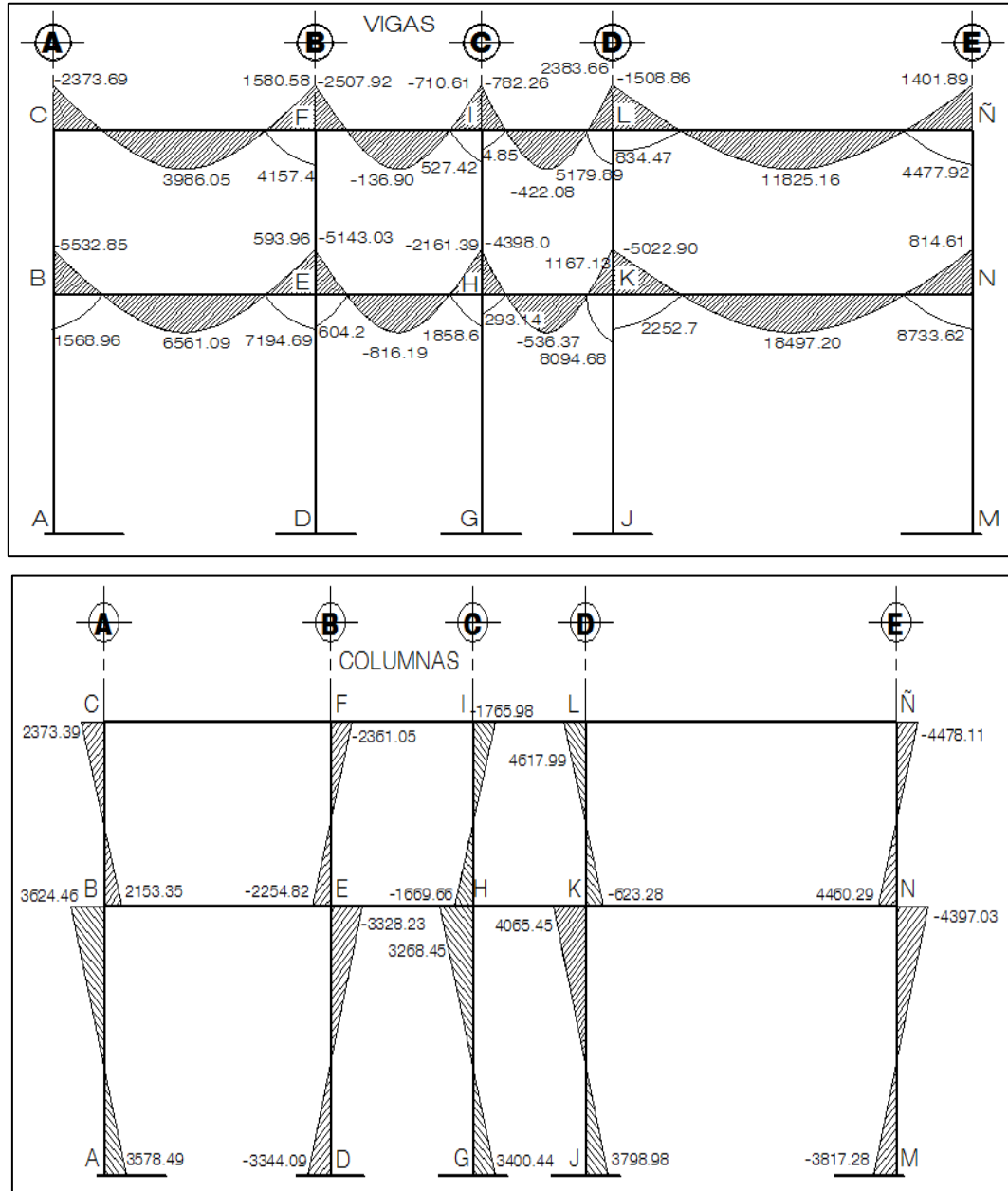
Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 42. Diagrama de cortes últimos (Kg), marco B - sentido Y - módulo 1, edificio escolar aldea Vaquilito



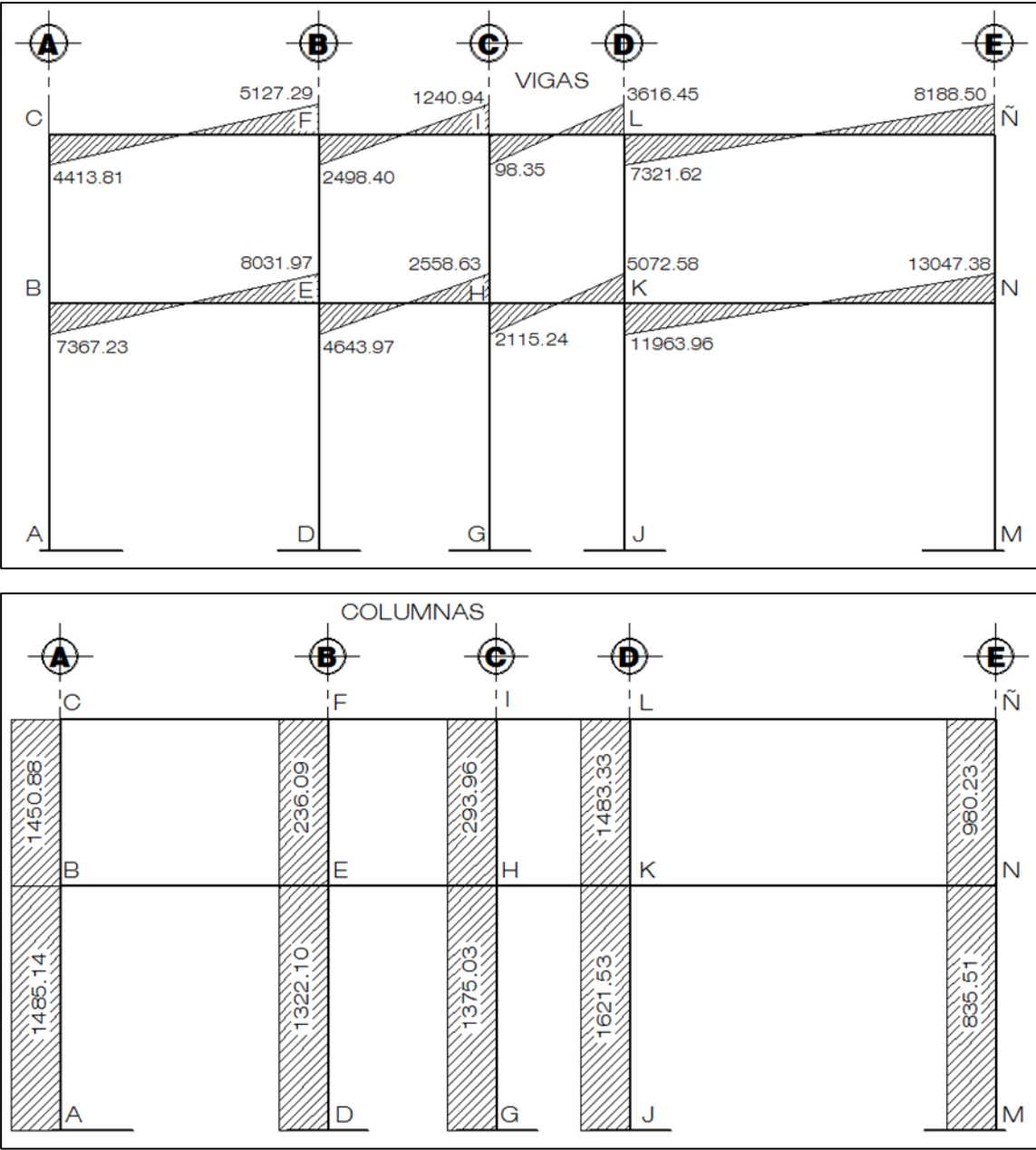
Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 43. Diagrama de envolvente de momentos últimos (Kg-m), marco 4 – sentido X – módulo 1, edificio escolar aldea Vaquilito



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 44. Diagrama de corte últimos, marco 4 - sentido X - módulo 1



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Dimensionamiento

El dimensionamiento es la actividad que se realiza, por medio de una serie de cálculos, con el fin de definir las características detalladas de cada uno de los elementos que componen una estructura tanto externa como internamente, esta parte de la edificación es la que se destina para soportar las cargas que se presentan en su vida útil. Para el diseño estructural de este edificio escolar, se usarán los siguientes datos:

$$f_y = \text{resistencia a la fluencia del acero} = 2\,810,00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_s = \text{módulo de elasticidad del acero} = 2,10 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_c = \text{resistencia a la compresión del concreto} = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = \text{módulo de elasticidad del concreto} = 15\,100\sqrt{f'_c} \text{ Kg/cm}^2$$

$$\gamma_c = \text{peso específico del concreto} = 2\,400 \text{ Kg/cm}^3$$

$$V_s = \text{valor soporte del suelo} = 26,42 \text{ ton/m}^2$$

Se usaron los siguientes recubrimientos en:

| | | | |
|----------|----------|-----------|-----------|
| vigas | = 0,03 m | losas | = 0,025 m |
| columnas | = 0,03 m | cimientos | = 0,075 m |

2.2.6. Diseño estructural

Es el procedimiento mediante el cual se definen los elementos que integran a las estructuras en lo referente a materiales, dimensiones, uniones, detalles en general. Estos elementos deberán presentar un comportamiento adecuado en condiciones de servicio y tener la capacidad para resistir las fuerzas a las que estén sometidos sin que se presente el colapso de la estructura.

2.2.6.1. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales planos que sirven como cubiertas que protegen de la intemperie, entrepisos que transmiten cargas verticales o diafragmas que transmiten cargas horizontales. El análisis que se utilizará para el diseño de losas del edificio escolar será el método 3 del ACI 318-99. Se proporcionan tablas de coeficientes de momentos para una variedad de condiciones de apoyos y bordes.

Los momentos al centro de ambas direcciones de losa son mayores que en las regiones cerca de los bordes. También establece que si la relación $m = a/b$ es mayor que 0,50, se considera la losa como reforzada en dos direcciones, y solo se puede usar en losas rectangulares, en caso sea lo contrario se considera losa en un sentido; los apoyos en todos los bordes de la losa deben ser rígidos (muros y vigas), el método no considera el efecto de torsión en las vigas de borde exterior.

Losa módulo 1 primer nivel:

Espesor de losa: el cálculo de espesor de losa se puede observar en la página 75. A continuación se determinará si la losa trabaja en uno o dos sentidos.

$$m_1 = \frac{5,00}{5,00} \quad 1,00 > 0,5; \text{ trabaja en dos sentidos}$$

$$m_2 = \frac{4,35}{5,00} \quad 0,87 > 0,5; \text{ trabaja en dos sentidos}$$

$$m_3 = \frac{4,30}{5,00} \quad 0,86 > 0,5; \text{ trabaja en dos sentidos}$$

$$m_4 = \frac{3,15}{4,35} \quad 0,72 > 0,5; \text{ trabaja en dos sentidos}$$

El siguiente paso es el cálculo de cargas:

Carga muerta:

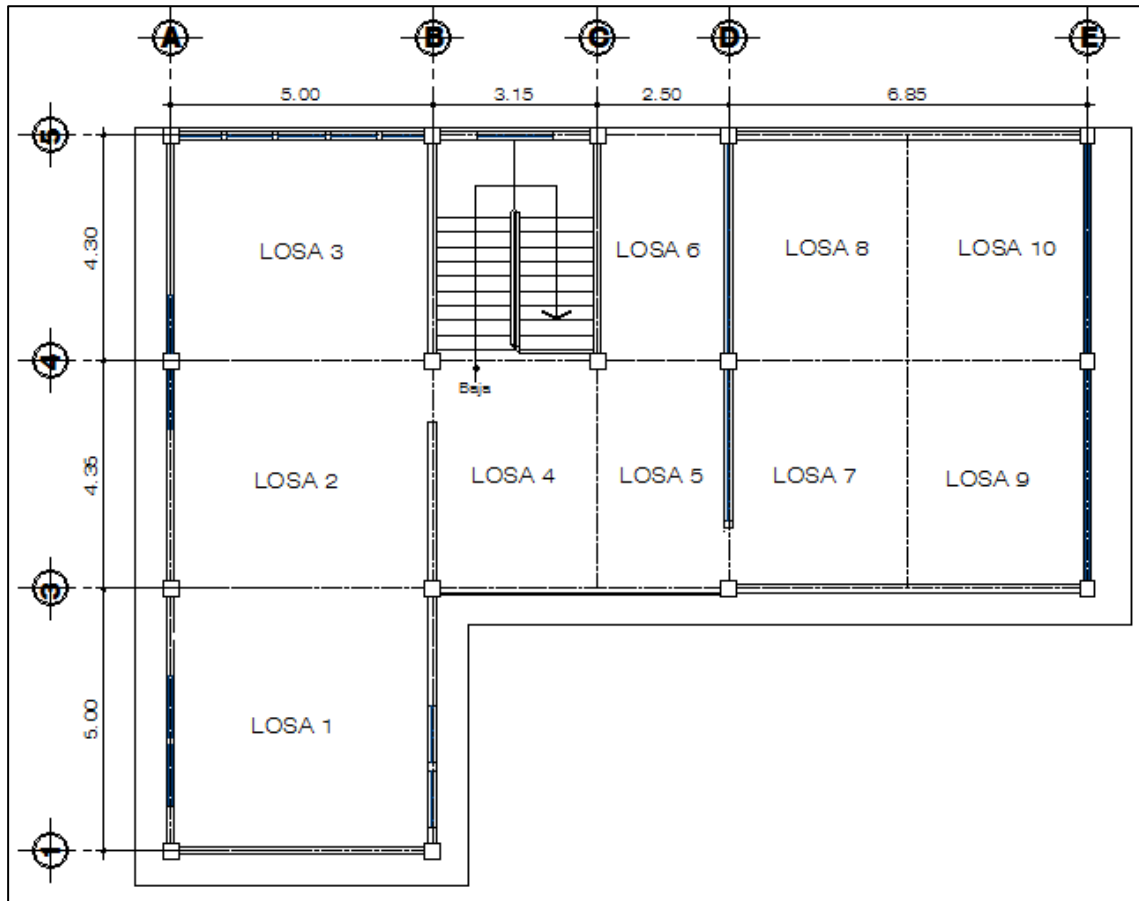
| | | |
|----------------------------|---|--------------------------------|
| acabados | = | 90,00 Kg/m ² |
| peso de losa (0,12 x 2400) | = | 288,00 Kg/m ² |
| W _{muros} | = | <u>120,00 Kg/m²</u> |
| total de carga muerta | = | 498,00 Kg/m ² |

Las losas 1,2,3 tendrán un espesor de 0,12 metros y las losas de la 4-10 tendrán un espesor de losa de 0,10 metros por lo que el total de la carga muerta para el espesor t = 0,10 metros es de 450,00 kilogramos sobre metro cuadrado.

Carga viva:

| | | |
|--------------------|---|--------------------------|
| Techos | = | 100,00 Kg/m ² |
| Aulas | = | 250,00 Kg/m ² |
| Pasillos | = | 400,00 Kg/m ² |
| Vestíbulo | = | 400,00 Kg/m ² |
| Área de lectura | = | 250,00 Kg/m ² |
| Depósito de libros | = | 600,00 Kg/m ² |

Figura 45. Losas del módulo uno, edificio escolar Vaquilto



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

$$CU = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$CU_1 = 1,4 (498,00) + 1,7 (600,00) = 697,20 + 1020,00 = 1717,20 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU_{2,3} = 1,4 (498,00) + 1,7 (250,00) = 697,20 + 425,00 = 1122,20 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU_{4,5,6} = 1,4 (450,00) + 1,7 (400,00) = 630,00 + 680,00 = 1310,00 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU_{7,8,9,10} = 1,4 (450,00) + 1,7 (250,00) = 630,00 + 425,00 = 1055,00 \text{ Kg/m}^2$$

Para el cálculo de momentos se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Ma^- = Ca^- (Cut)(a)^2 \quad Ma^+ = Ca^+ (CVu)(a)^2 + Ca^+ (CMu)(a)^2$$

$$Mb^- = Cb^- (Cut)(b)^2 \quad Mb^+ = Cb^+ (CVu)(b)^2 + Cb^+ (CMu)(b)^2$$

Donde:

Cut = Carga última total

CVu = Carga viva última

CMu = Carga muerta última

Ca, Cb = Coeficiente de Tablas

Losa 1, caso 7, m = 1

$$Ma^- = (0,0)(1\,717,20)(5,00)^2 = 0,00 \text{ Kg/m}$$

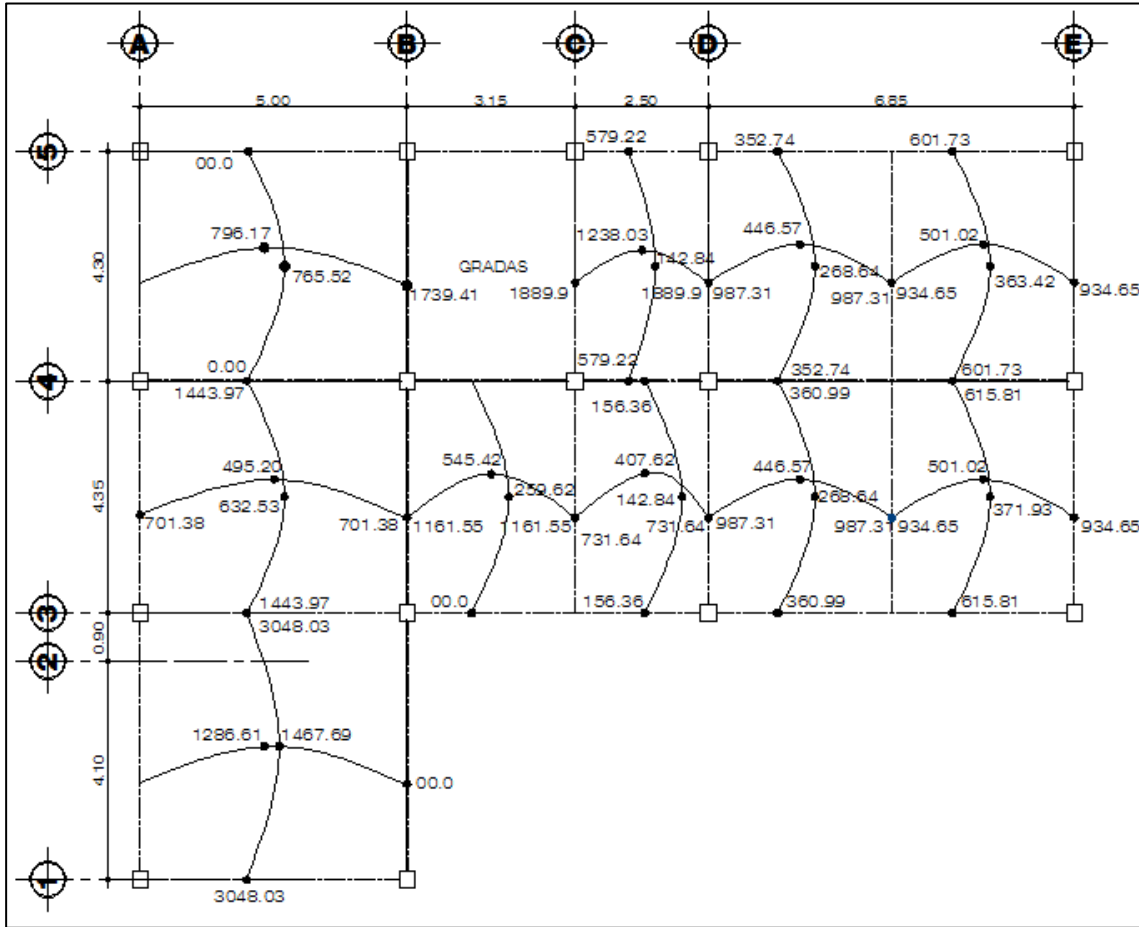
$$Mb^- = (0,071)(1\,717,20)(5,00)^2 = 3\,048,03 \text{ Kg/m}$$

$$Ma^+ = (0,032)(1\,020,00)(5,00)^2 + (0,027)(697,20)(5,00)^2 = 1\,286,61 \text{ Kg/m}$$

$$Mb^+ = (0,035)(1\,020,00)(5,00)^2 + (0,033)(697,20)(5,00)^2 = 1\,467,69 \text{ Kg/m}$$

Según el procedimiento anterior, se calculan los momentos en todas las losas, el resultado se expresa en los datos de la figura 46.

Figura 46. **Planta de momentos en losa típica módulo 1 – nivel 1**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- **Balace de momentos**

Cuando dos losas están unidas se tienen dos momentos diferentes, por lo tanto se deben balancear, antes de diseñar el refuerzo, con el fin de obtener un resultado. Para este caso el método elegido es el siguiente:

Si $0,80 \times M_2 < M_1$ $M_b = (M_2 + M_1)/2$ solo si $M_2 > M_1$

Si $0,80 \times M_2 > M_1$ se balancean proporcionalmente a su rigidez

Figura 47. **Fórmula para el balanceo de momentos**

| | | |
|---|-------------------|-------------------|
| | D_1 | D_2 |
| | M_1 | M_2 |
| + | $(M_1 - M_2) D_1$ | $(M_2 - M_1) D_2$ |
| | M_B | M_B |

Fuente: elaboración propia, con programa de excel.

Donde:

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad K_1 = \frac{1}{L_1} \quad L = \text{lado de la losa a considerar}$$

Balance de momentos entre losa 1 y 2

0,80 (3 048,03) = 2 438,42 > 1 443,97 Kg-m por lo tanto balanceo por rigideces

$$K_1 = 1 / 5,00 = 0,20$$

$$K_2 = 1 / 4,35 = 0,23$$

$$D_1 = 0,20 / (0,20 + 0,23)$$

$$D_2 = 0,23 / (0,20 + 0,23)$$

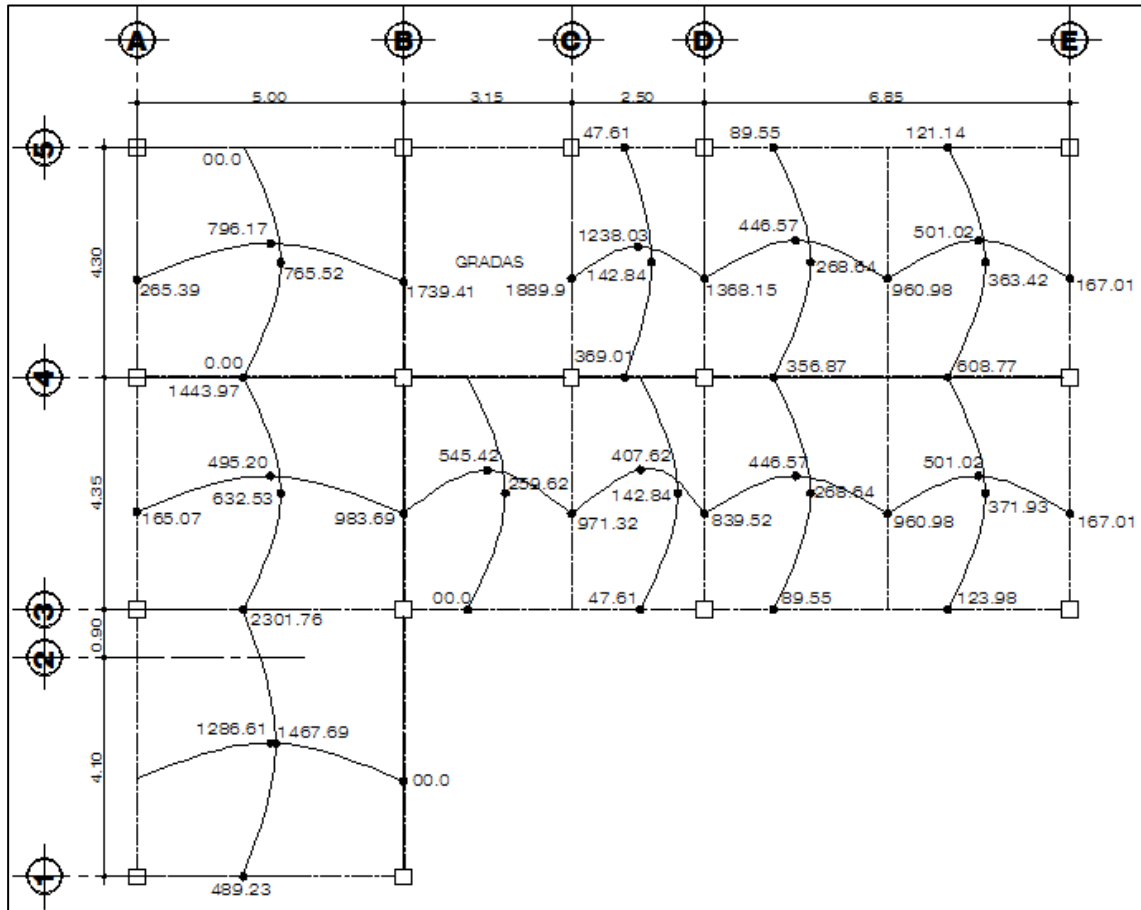
$$D_1 = 0,50$$

$$D_2 = 0,50$$

| | |
|------------------------------|------------------------------|
| 0,47 | 0,53 |
| 3 048,03 | 1 443,97 |
| (3 048,03 - 1 443,97) x 0,47 | (3 048,03 - 1 443,97) x 0,53 |
| -746,27 | -857,79 |
| 2 301,76 | 2 301,76 |

El resultado del balance de momentos en todos los puntos necesarios, se presentan en la figura 48.

Figura 48. **Planta de momentos balanceados en losa típica – nivel 1**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Diseño del acero de refuerzo: el refuerzo en las losas se analiza como si fuera una viga, usando el ancho unitario de un metro.

- Cálculo del peralte

$$d = t - \text{recubrimiento}$$

$$d = 12,00 - 2,50 = 9,50 \text{ cm}$$

- Área de acero mínimo

$$A_s \text{ min} = \frac{14,1}{f_y} b d = \frac{14,1}{2810} 100 \times 9,5 = 4,77 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de momento que soporta A_s min

$$M = 0,90 \left[A_s \times f_y \left(d - \frac{A_s \times f_y}{1,7 \times f'c \times b} \right) \right]$$

$$M = 0,90 \left[4,77 \times 2810 \left(9,50 - \frac{4,77 \times 2810}{1,7 \times 210 \times 100} \right) \right]$$

$$M = 1100,04 \text{ Kg} - m$$

- Cálculo del espaciamiento (S) entre varillas A_s mín

$$S = A_v / A_s$$

$$S = (1,27 \times 100) / 4,77 = 26,57 \text{ cm}$$

Tomando en cuenta que $S_{\text{máx}} = 3t$

$$S_{\text{máx}} = 3 \times 0,12 \times 100 = 36 \text{ cm}$$

Comparando con los momentos actuantes y el momento que resiste el área de acero mínimo se observa que los momentos finales son mayores por lo que se colocará el área de acero resultante de estos momentos, como se puede apreciar en la tabla XXIV.

- Cálculos de área de acero para momentos máximos

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M \times b}{0,003825 \times f'c}} \right] \left(\frac{0,85 \times f'c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left[100 \times 9,5 - \sqrt{(100 \times 9,5)^2 - \frac{2\,301,76 \times 100}{0,003825 \times 210}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210}{2\,810} \right)$$

$$A_s = 10,49 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento para momento máximo ($A_v = \frac{1}{2}$ pulgada)

$$S = A_v \times 100 / A_s$$

$$S = 1,27 \times 100 / 10,49$$

$$S = 12,07 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se coloca hierro No. 4 @ 12 centímetros.

Sentido X

$$A_s = \left[100 \times 9,5 - \sqrt{(100 \times 9,5)^2 - \frac{1\,739,41 \times 100}{0,003825 \times 210}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210}{2\,810} \right)$$

$$A_s = 7,75 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento para momento máximo

$$S = A_v \times 100 / A_s$$

$$S = 1,27 \times 100 / 7,75$$

$$S = 16,38 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se coloca hierro No. 4 @ 16 centímetros.

- Revisión de corte: el corte debe ser resistido únicamente por el concreto; por tal razón, se debe verificar si el espesor de la losa es el adecuado. El procedimiento es el siguiente:

- Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{\text{máx}} = \frac{C_u \times L}{2} = \frac{1717,20 \times 5,00}{2} = 4\,293,00 \text{ Kg}$$

Donde:

L = lado mayor de la losa a analizar

Cu = carga última

- Cálculo de corte máximo resistente

$$V_r = 45t\sqrt{f'c} = 45 \times 12\sqrt{210} = 7\,825,34 \text{ Kg}$$

- Comparación Vr con Vmáx

Se puede observar que el corte resistente del concreto es mayor que el corte actuante ($V_r > V_{\text{máx}}$) por lo tanto el espesor es el adecuado, en caso contrario se debe aumentar t.

$$V_r = 7\,825,34 > V_{\text{máx}} = 4\,293,00 \text{ Kg}$$

Tabla XXIV. **Áreas de acero requeridas en losa típica nivel 1**

| Momento (losa 1,2,3 t = 0,12) | Área de acero | Ø de Varilla | Espaciamiento (S) |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| 2 301,76 Kg-m | 10,49 cm ² | 1/2" (No. 4) | 12 cm (sentido Y) |
| 1 739,41 Kg-m | 7,95 cm ² | 1/2"(No. 4) | 16 cm (sentido X) |
| Momento (losa 4-10 t = 0,10) | Área de acero | Ø de Varilla | Espaciamiento (S) |
| 685,62 Kg-m | 3,76 cm ² | 3/8"(No. 3) | 19 cm (sentido Y) |
| 1 286,22 Kg-m | 7,35 cm ² | 3/8" (No. 3) | 10 cm (sentido X) |

Fuente: elaboración propia.

Se diseña con el espaciamiento menor y tomando en cuenta el momento mayor en los sentidos X e Y.

- Losa segundo nivel, módulo uno

En el diseño de la losa del segundo nivel se realizó el mismo procedimiento que la losa del primer nivel, variando el cálculo de carga viva y carga muerta.

$$\begin{aligned}
 \text{Carga muerta: acabados segundo nivel} &= 90,00 \text{ Kg/m}^2 \\
 \text{peso de la losa (0,12 x 2 400)} &= \underline{288,00 \text{ Kg/m}^2} \\
 \text{total de carga muerta} &= 378,00 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Para el espesor de losa de 0,10 metros se obtiene una carga muerta de 330 kilogramos sobre metro cuadrado.

$$\text{Carga viva: techos} = 100,00 \text{ Kg/m}^2$$

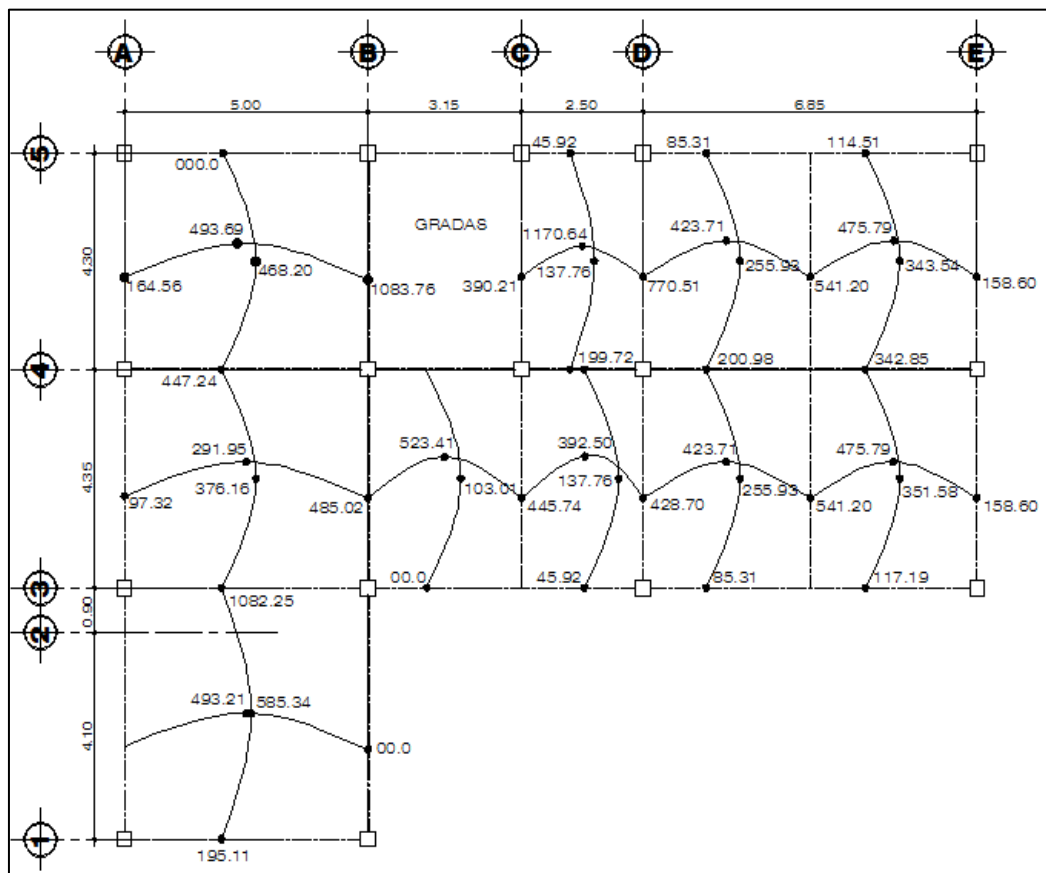
$$CU = 1,4 CM + 1,7 CV$$

$$CU_{1,2,3} = 1,4 (378,00) + 1,7 (100,00) = 529,20 + 170,00 = 699,20 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU_{4-10} = 1,4 (330,00) + 1,7 (100,00) = 462,00 + 170,00 = 632,00 \text{ Kg/m}^2$$

Para el cálculo de momentos se utilizará el mismo procedimiento descrito anteriormente en el diseño de losas del primer nivel, detallando los momentos finales en la figura 49.

Figura 49. **Planta de momentos finales en losa típica - nivel 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Áreas de acero requeridas en losa típica nivel 2

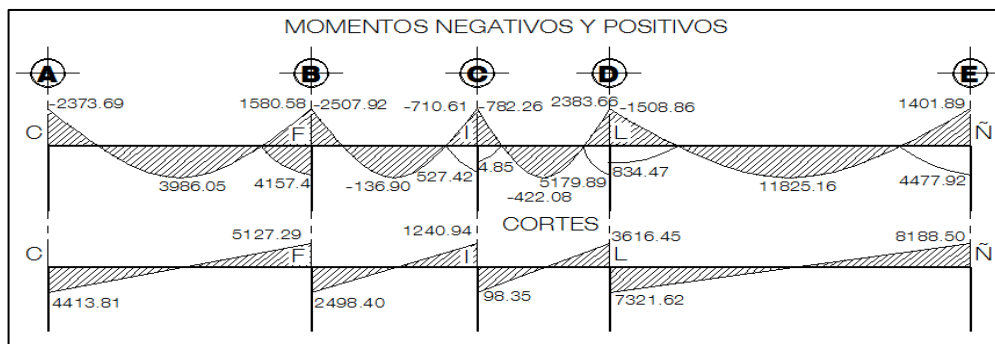
| Momento (losa 1,2,3 t = 0,12) | Área de acero | Ø de Varilla | Espaciamiento (S) |
|----------------------------------|----------------------|--------------|-------------------|
| 1 100,04 Kg-m | 4,77 cm ² | 1/2" (No. 4) | 21 cm (sentido Y) |
| 1 100,04 Kg-m | 4,77 cm ² | 1/2" (No. 4) | 21 cm (sentido X) |
| Momento (losa 4-10 t = 0,10) | Área de acero | Ø de Varilla | Espaciamiento (S) |
| 685,62 Kg-m | 3,76 cm ² | 3/8" (No. 3) | 19 cm (sentido Y) |
| 770,51 Kg-m | 4,25 cm ² | 3/8" (No. 3) | 16 cm (sentido X) |

Fuente: elaboración propia.

2.2.6.2. Diseño de vigas

La viga es un elemento estructural horizontal que está sometido a esfuerzos de flexión y corte, los datos necesarios para su diseño son los momentos últimos y cortes últimos actuantes. El procedimiento seguido para diseñar una viga, se describe a continuación, aplicado a la viga tipo 1. Los datos se muestran en la figura 50 y son tomados del análisis estructural, esta viga se ubica en el marco 4 típico sentido X, nivel 2.

Figura 50. **Diagrama de momentos y cortes últimos de la viga tipo 1**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Límites de acero: antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se calculan los límites dentro de los cuales debe estar éste, según los criterios siguientes:

Sección de viga segundo nivel: 0,20 x 0,40 metros peralte efectivo 0,37 metros.

- Cálculo de la cuantía balanceada de acero:

$$\rho b = \beta_1 \left[0,85 \times \frac{f'c}{f_y} \right] \left(\frac{6090}{f_y + 6090} \right)$$

$$\rho b = \beta_1 \left[0,85 \times \frac{210}{2810} \right] \left(\frac{6090}{2810 + 6090} \right) = 0,036946$$

$$\rho_{\max} = 0,50 \rho b$$

$$\rho_{\max} = 0,50 (0,036946) = 0,0184743$$

$$A_s \max = \rho_{\max} \times b d$$

$$A_s \max = 0,0184743 \times 20 \times 42 = 15,52 \text{ cm}^2$$

$$A_s \min = \frac{14,1}{f_y} \times b \times d$$

$$A_s \min = \frac{14,1}{2810} \times 20 \times 45 = 4,21 \text{ cm}^2$$

- Acero longitudinal: de los momentos se toma el mayor tanto de los positivos como de los negativos y se procede a calcular las áreas de acero para cada momento, pero hay que tomar en cuenta los momentos positivos inversos

que son los que actúan cuando hay un sismo, se aplicó la siguiente fórmula para encontrar el área de acero:

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M \times b}{0,003825 \times f'c}} \right] \left(\frac{0,85 \times f'c}{f_y} \right)$$

Los resultados para cada momento se observan en la tabla XXVI.

Tabla XXV. **Resultados del área de acero para viga tipo 1**

| Momentos (M) | Área de Acero (As) |
|------------------------------|-----------------------|
| M(-) extremo = 2 373,69 Kg-m | 2,28 cm ² |
| M(-) interno = 2 507,92 Kg-m | 2,42 cm ² |
| M(+) = 11 825,16 Kg-m | 12,63 cm ² |
| M(+) inv = 5 179,89 Kg-m | 5,12 cm ² |

Fuente: elaboración propia.

Luego de calcular el A_s , se propone el armado de tal manera que el área cubra lo solicitado y se encuentre dentro de los límites; esto se hace considerando los siguientes requisitos sísmicos:

- Requisito sísmico para la cama superior

Escoger para el área de acero el mayor de los tres datos

$$A_s \begin{cases} 2 \text{ varillas mínimas corridas} \\ A_{s\text{mín}} \\ 33\% A_s M(-) \end{cases}$$

- Requisito sísmico para la cama inferior

Para la cama inferior se escoge el mayor de los cuatro datos

$$A_s \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ varillas mínimas corridas} \\ A_{s\text{mín}} \\ 50\% A_s M(-) \\ 50\% A_s M(+) \end{array} \right.$$

El área del acero faltante en la cama superior o inferior, se coloca como bastón por medio de la siguiente fórmula:

$$A_s \text{ bastón} = A_s \text{ requerido} - A_s \text{ corrido}$$

- Acero transversal (estribos): su función es la de mantener en su posición las varillas longitudinales y evitar que se pandeen hacia afuera, además contrarrestan los esfuerzos de corte; en caso de que la sección de concreto no sea suficiente.

- Cálculo de corte resistente

$$V_r = 0,85 \times 0,53 \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$V_r = 0,85 \times 0,53 \sqrt{210} \times 20 \times 42$$

$$V_r = 5\,483,83 \text{ Kg}$$

- Comparar corte resistente con corte último

Si $V_r > V_u$ la viga necesita estribos solo por armado

Si $V_r < V_u$ se diseñan estribos por corte, por medio de las expresiones

$$V_s = \frac{V_u - V_r}{bd}$$

$$S = \frac{2A_v * F_y}{V_s * b}$$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2}$$

En este caso $V_u = 8\ 188,50$ kilogramos es mayor a $V_r = 5\ 483,83$ kilogramos entonces la sección de concreto de la viga no resiste los esfuerzos de corte, por lo cual se procede a diseñar los estribos por corte.

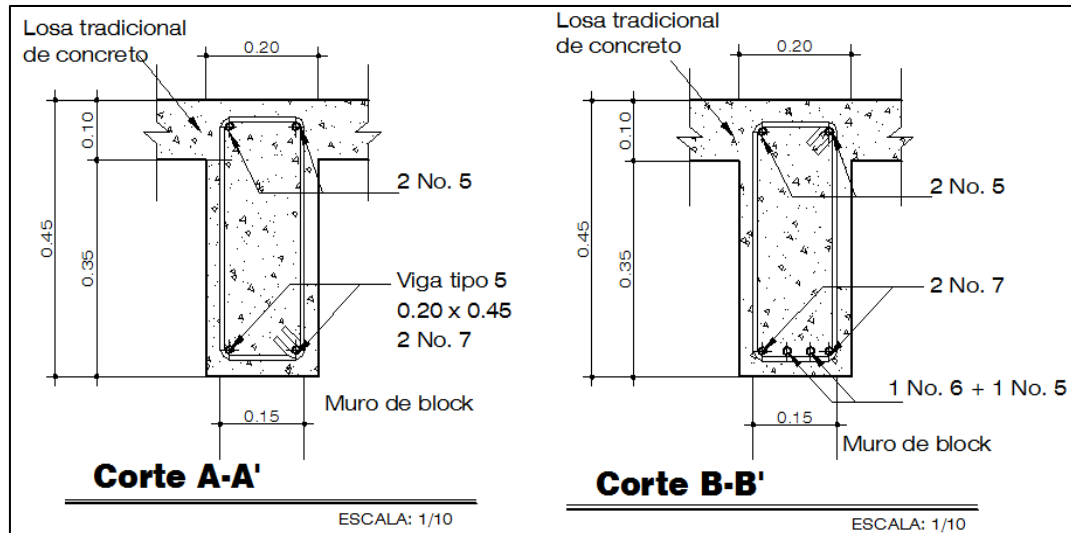
$$V_s = \frac{8\ 188,50 - 5\ 483,83}{20 \times 42} = 3,228\ Kg/cm$$

$$S = \frac{2 \times 0,71 \times 2\ 810}{3,228 \times 20} = 61,81\ cm$$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{42}{2} = 21\ cm$$

Se colocarán estribos a 21 centímetros y el primer estribo a 5 centímetros del rostro de columna, sección 7 página 94 Código ACI 318-99.

Figura 51. Secciones transversales de viga tipo 1



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Para el diseño de la viga tipo 2 se realizó el mismo procedimiento de la viga tipo 1, los resultados se observan en la tabla XXVII. Para las vigas en el sentido Y (tipo 3 y 4), se chequeó que el área de acero se encuentre entre los límites mínimo y máximo.

Tabla XXVI. **Resultados de armado de vigas sentido X y Y, 1er y 2do nivel**

| | Refuerzo longitudinal | Refuerzo transversal | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------|
| Viga X | Momento | As | Refuerzo | Corte | Refuerzo |
| Segundo nivel De 0.20 x 0.45 | M(-)ex*=2 373,69 M(+)= 11 825,16 M(+) in*= 5 179,89 M(-)= 2 507,92 | 2,26 12,63 5,12 2,42 | Cama superior 2 No. 5 Cama inferior 2 No. 7 + 1 No.6 y 1 No. 5 | Vr = 8 188,50 Kg Vu = 5 127,29 Kg | No. 3 @ 0,21 m |
| Primer nivel De 0.25 x 0.50 | M(-)ex*=5 532,85 M(+)= 18 497,20 M(+) in*= 8 733,62 M(-)= 5 143,03 | 4,81 17,65 8,90 4,46 | Cama superior 2 No. 7 Cama inferior 2 No. 8 + 2 No.7 | Vr = 7 670,83 Kg Vu = 4 643,97 Kg | No. 3 @ 0,24 m |
| Viga Y | Momento | As | Refuerzo | Corte | Refuerzo |
| Segundo nivel De 0.20 x 0.40 | M(-)ex*=1 523,70 M(+)= 2 323,13 M(+) in*= 2 772,24 M(-)= 2 666,86 | 1,66 2,55 3,06 2,94 | Cama superior 2 No. 5 Cama inferior 2 No. 5 | Vr = 4 830,99 Kg Vu = 3 755,59 Kg | No. 3 @ 0,19 m |
| Primer nivel De 0.25 x 0.50 | M(-)ex*=5 532,85 M(+)= 18 497,20 M(+) in*= 8 733,62 M(-)= 5 143,03 | 4,10 4,48 6,05 5,22 | Cama superior 2 No. 6 Cama inferior 2 No.7 | Vr = 7 670,83 Kg Vu = 6 749,00 Kg | No. 3 @ 0,24 m |
| *in = momento de inversión | | | | | |
| *en = extremo de la viga | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

2.2.6.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos que sostienen, principalmente cargas a compresión, soportan momentos flectores con respecto a uno o a los dos ejes de la sección transversal.

Para el diseño de una columna, la carga axial es el valor total de las cargas últimas verticales que soporta la columna; esta carga se determina por áreas tributarias. 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, a continuación se describe el diseño de las columnas típicas, y se aplica el mismo a la columna del nivel dos.

- Diseño de columna típica nivel 2

| | | | |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|
| Sección de columna | = 0,30 x 0,30 m | Longitud de la viga 1 | = 8,39 m |
| Sección de la viga | = 0,20 x 0,40 m | My | = 1 549,23 Kg-m |
| Espesor de la losa | = 0,12 m | Mx | = 4 617,99 Kg-m |
| Área tributaria | = 20,219 m ² | Vy | = 984,92 Kg |
| Longitud de columna | = 3,00 m | Vx | = 1 549,23 Kg |

- Determinación de carga axial

$$CU = 1,4 CM + 1,7 CV$$

$$CU = (1,4 \times 378,00) + (1,7 \times 100)$$

$$CU = 699,20 \text{ Kg/m}^2$$

- Factor de carga última

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

$$F_{cu} = \frac{699,20}{478,00}$$

$$F_{cu} = 1,46$$

- Cálculo de la carga axial

$$P_u = (A_{losa} \times CU) + (P_{viga} \times F_{cu})$$

$$P_u = (20,22 \times 699,20) + (0,20 \times 0,40 \times 2\,400 \times 8,39) \times 1,46$$

$$P_u = 16\,493,46 \text{ Kg}$$

- Clasificación de las columnas por su esbeltez (E)

Por su relación de esbeltez las columnas se clasifican en cortas ($E < 22$), intermedias ($22 > E > 100$) y largas ($E > 100$). El objeto de clasificar las columnas es ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos originales del diseño estructural, si son intermedias se deben de magnificar los momentos actuantes, y si son largas no se construyen, ya que representan un riesgo para la seguridad de las personas.

- Esbeltez de las columnas en el sentido Y
 - Cálculo del coeficiente de empotramiento en columnas (φ)

Extremo superior:

$$\varphi_A = \frac{\frac{\sum E_M I}{2}}{\frac{\sum E_M I}{2}}$$

Donde:

E_m = como todo el marco es del mismo material = 1

I = inercia

$$\varphi_{B-C} = \frac{0,32}{0,32 + 0,77} = 0,29$$

$$\varphi_{A-B} = \frac{0,21 + 0,32}{0,32 + 0,77} = 0,48$$

Promedio:

$$\varphi_P = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} = \frac{0,29 + 0,48}{2} = 0,39$$

- Cálculo del coeficiente K

$$K = \frac{20 - \varphi_P}{20} \sqrt{1 + \varphi_P} \quad \text{Para } \varphi_P < 2$$

$$K = 0,90 \sqrt{1 + \varphi_P} \quad \text{Para } \varphi_P > 2$$

Entonces se utiliza:

$$K = \frac{20 - \varphi_p}{20} \sqrt{1 + \varphi_p}$$

$$K = \frac{20 - 0,39}{2} \sqrt{1 + 0,39}$$

$$K = 1,16$$

- Cálculo de la esbeltez de la columna

$$E = \frac{KL_U}{\sigma}$$

Donde $\sigma = 0,30$ (lado menor para columnas rectangulares)

$$E = \frac{1,16 \times 3,12}{0,30 \times 0,30} = 40,07 > 22$$

El cálculo de la esbeltez de esta columna, en el sentido X, se resume a continuación:

$$\varphi_{B-C} = 0,06$$

$$\varphi_{A-B} = 0,09$$

$$\varphi_p = 0,07$$

$$K = 1,03$$

$$E = 35,78 > 22$$

Por los valores obtenidos de E, tanto en el sentido Y como en el sentido X, la columna se clasifica dentro de las intermedias, por lo tanto se deben magnificar los momentos actuantes.

- 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 puede 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 desplazamientos laterales de los miembros, es necesario modificar los valores calculados con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el Método ACI de magnificación de momentos descrito a continuación:

Sentido Y

- Cálculo del factor de flujo plástico del concreto

$$\beta d = \frac{CMu}{CU}$$

$$\beta d = \frac{378,00}{699,20}$$

$$\beta d = 0,54$$

- Cálculo del total del material

$$Ec = 15\,100\sqrt{f'c}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b h^3$$

$$EI = \frac{Ec \times I_g}{1 + \beta d}$$

$$EI = \frac{15\,100 \sqrt{210} \times 30^4}{12 \times 2,50 \times (1 + 0,54)}$$

$$EI = 383,49 \text{ Ton} - m^2$$

- Cálculo de la carga crítica del pandeo de Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(JLu)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 383,49}{(1,03 \times 3,12)^2}$$

$$P_{cr} = 364,95 \text{ Ton}$$

- Cálculo del magnificador de momentos

$\delta > 1$ y $\phi = 0,70$ si se usan estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{Pu}{\phi P_{cr}}}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{16,49}{0,70 \times 364,95}}$$

$$\delta = 1,07$$

- Cálculo de momentos de diseño magnificados

$$Mdy = \delta \times Mu$$

$$Mdy = 1,07 \times 1\,549,26$$

$$Mdy = 1\,656,18 \text{ Kg} - m$$

Sentido X

$$\beta d = 0,54$$

$$EI = 383,49 \text{ Ton} - m^2$$

$$Pcr = 364,95 \text{ Ton}$$

$$\delta = 1,07$$

$$Mdy = 4\,936,72 \text{ Kg} - m$$

- Cálculo del acero longitudinal por el método de Bresler

Este método consiste en una aproximación del perfil de la superficie de la falla, su procedimiento es sencillo y produce resultados aceptables. La idea fundamental del método de Bresler es aproximar el valor $1/P'u$ a un punto del plano determinado por los tres valores carga axial pura ($P'o$), la carga de falla para una excentricidad e_x ($P'x_o$) y la carga de falla para una excentricidad e_y ($P'oy$). El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Cálculo de los límites de acero

Según las Normas ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites, 1 por ciento del área gruesa $< A_s < 6$ por ciento área gruesa.

$$A_{s\text{mín}} = 0,01 (30 \times 30) = 9,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,06 (30 \times 30) = 54,00 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado con un valor intermedio a los límites del A_s

$$\text{Armado propuesto } 4 \text{ No. } 7 = 4 \times 3,88 = 15,52 \text{ cm}^2$$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas. Los valores a utilizar en los diagramas son:

- Valor de la gráfica

$$Y - X = (d - \text{rec})/h = (27 - 3) / 30 = 0,8$$

- Valores de la curva

$$P_{tu} = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c A_g} = \frac{15,52 \times 2810}{0,85 \times 210 \times 900} = 0,27$$

- Excentricidades

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{4936,72}{16493,46} = 0,30$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{1\,656,18}{16\,493,46} = 0,10$$

Al conocer las excentricidades se calcula el valor de las diagonales

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,30}{0,30} = 1,00$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,10}{0,30} = 0,33$$

Con los valores obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan en los diagramas de interacción los valores de los coeficientes K_x y K_y , y se obtuvieron los siguientes:

$$K'_x = 0,175$$

$$K'_y = 0,530$$

- Cálculo de cargas
 - Carga de resistencia de las columnas a una excentricidad e_x

$$P'_{ux} = (K'_x) \times f'_c \times b \times h$$

$$P'_{ux} = 0,175 \times 210 \times 30 \times 30$$

$$P'_{ux} = 33075,00 \text{ Kg}$$

- Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_y

$$P'_{uy} = K'_y \times f'_c \times b \times h$$

$$P'_{uy} = 0,53 \times 210 \times 30 \times 30$$

$$P'_{uy} = 100170,00 \text{ Kg}$$

- Carga axial de resistencia de la columna

$$P'o = \phi (0,85 \times f'c (Ag - As) + As \times Fy)$$

$$P'o = 0,70 \times (0,85 \times 210 (900 - 15,52) + 15,52 \times 2\ 810)$$

$$P'o = 141\ 040,60\ Kg$$

- Carga de la resistencia de la columna

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'ux} + \frac{1}{P'uy} - \frac{1}{P'o}}$$

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{33\ 075,00} + \frac{1}{100\ 170,00} - \frac{1}{141\ 040,60}}$$

$$P'u = 30\ 186,69\ Kg$$

Como P'u (30,19 toneladas) > Pu (16,49 toneladas) el armado propuesto si resiste las fuerzas aplicadas, si esto no fuera así se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla sin exceder los límites de acero que indica el código ACI 318-99.

- Cálculo del acero transversal (estribos):

El objetivo del refuerzo transversal es resistir los esfuerzos de corte. Por requisito sísmico las columnas deben confinarse para aumentar la capacidad de carga axial, de corte y ductilidad, deben ser en forma de anillos (estribos) o espiral continua (zunchos).

- Corte resistente

$$V_r = 0,85 \times 0,53 \sqrt{f'c} \times b \times d$$

$$V_r = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{210} \times 30 \times 27$$

$$V_r = 5\,287,98 \text{ Kg}$$

Comparar V_r con V_u con los siguientes criterios:

Si $V_r > V_u$ se colocan estribos a $S = d / 2$

Si $V_r < V_u$ se diseñan los estribos a corte

Para ambas opciones considerar que la varilla mínima permitida es la No. 3 en este caso $V_r > V_u$, entonces los estribos se colocarán con la menor separación de las siguientes condiciones:

$$\text{So } \left\{ \begin{array}{l} 6 \varnothing \text{ de la varilla principal} = 6 \times 2,88 = 17,28 \text{ cm} \\ 0,15 \text{ m} = 15 \text{ cm} \\ d/2 = 27/2 = 13,5 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Por criterio de armado $S = 0,14$ metros

- Refuerzo por confinamiento

La longitud se escoge entre la mayor de las siguientes opciones:

$$\text{Lo } \left\{ \begin{array}{l} L_u / 6 = 3,12 / 6 = 0,52 \text{ m} \\ \text{Lado mayor de la columna} = 0,30 \text{ m} \\ 0,45 \text{ m} \end{array} \right.$$

Por lo tanto la longitud de confinamiento es de 0,52 metros

El espaciamiento de estribos S_1 en zonas confinadas de las columnas debe encontrarse entre $3 < S_1 < 10$ centímetros.

- Relación volumétrica

$$\rho_s = 0,45 \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right] \times \left(0,85 \times \frac{f'_c}{f_y} \right)$$

$$\rho_s = 0,45 \left[\frac{900}{576} - 1 \right] \times \left(0,85 \times \frac{210}{2810} \right)$$

$$\rho_s = 0,016$$

$$\rho_s > 0,12 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right)$$

$$\rho_s > 0,12 \left(\frac{210}{2810} \right)$$

$$0,016 > 0,009$$

Por último, el espaciamiento entre estribos en la zona confinada es:

$$S_1 = \frac{2A_v}{\rho_s}$$

$$S_1 = \frac{2 \times 0,71}{0,01 \times 24}$$

$$S_1 = 3,68 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$$

Los resultados del diseño de la columna típica ubicada en el primer nivel, se encuentran en la tabla XXVIII. El procedimiento a seguir es el descrito anteriormente, teniendo en cuenta que la carga axial utilizada se calcula de la siguiente manera:

Carga axial = (carga tributaria)(CU) + (carga de la columna del nivel superior) + (peso de vigas)(FCU) + (peso propio de la columna del nivel superior)(FCU)

Tabla XXVII. **Resultados finales de columnas**

| Columna | Refuerzo longitudinal | | Refuerzo transversal | | |
|--|---|-------------------|--|-----------|---|
| | Cargas | Refuerzo | Cortes (Kg) | Confinar | Refuerzo |
| 1º nivel sección 0,30 x 0,30 Lu = 4,85 m | <u>Mx</u> = 4 397,03 <u>My</u> = 3 422,53 <u>Pu</u> = 42,05 Ton <u>Mdx</u> = 7 018,11 <u>Mdy</u> = 6 057,11 <u>P'u</u> = 62,39 Ton | 4 No. 7 + 4 No. 6 | <u>Vux</u> = 1 621,20 <u>Vuy</u> = 1 391,20 <u>Vr</u> = 5 287,98 | Lo = 0,81 | Estribos No. 3 @ 0,04 m hasta 0,81 m en los extremos |
| | | | | Lo = 3,23 | Primer estribo a 0,05 del rostro de columna el resto @ 0,14 m |
| 2º nivel sección 0,30 x 0,30 Lu = 3,12 m | <u>Mx</u> = 4 617,99 <u>My</u> = 1 549,26 <u>Pu</u> = 16,49 Ton <u>Mdx</u> = 4 936,72 <u>Mdy</u> = 1 656,72 <u>P'u</u> = 30,19 Ton | 4 No. 7 | <u>Vux</u> = 1 483,33 <u>Vuy</u> = 984,93 <u>Vr</u> = 5 287,98 | Lo = 0,52 | Estribos No. 3 @ 0,04 m hasta 0,52 m en los extremos |
| | | | | Lo = 2,08 | Primer estribo a 0,05 del rostro de columna el resto @ 0,14 m |

Fuente: elaboración propia.

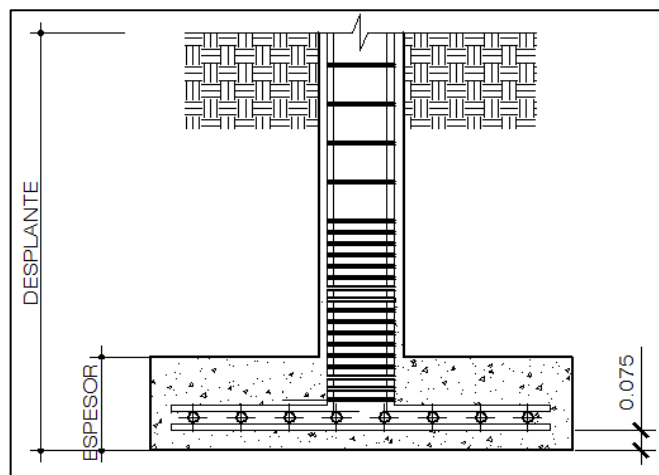
2.2.6.4. Diseño de cimientos

Los cimientos son elementos estructurales destinados a recibir las cargas propias y las cargas de fuerzas externas; estas a su vez transmiten la acción de las cargas al suelo. Para elegir el tipo de cimentación adecuada se deben considerar; el tipo de estructura, la naturaleza de las cargas que se aplicarán, las condiciones del suelo y el costo de la misma.

- Diseño de zapatas

Los datos para el diseño de zapatas se toman del análisis estructural y del estudio de suelo. Con este último se determinó, que el tipo de suelo es un limo arcilloso color café, se obtuvo un valor soporte de 26,42 toneladas sobre metro cuadrado (ver anexo No. 1). En la figura 52 se muestra el perfil de una zapata aislada concéntrica, donde se indica los recubrimientos mínimos que debe llevar el acero y como debe de colocarse.

Figura 52. **Desplante de zapata del edificio escolar aldea Vaquillito**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Los datos utilizados para el diseño de la zapata 1 son los siguientes:

$$F_{cu} = 1,49$$

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

$$M_y = 3,42 \text{ Ton-m}$$

$$M_x = 3,82 \text{ Ton-m}$$

$$P_u = \text{carga última} = 42,05 \text{ Ton/m}^3$$

$$V_s = \text{valor soporte del suelo} = 26,42 \text{ Ton/m}^2$$

$$f_y = 2\,810 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Sección de la columna} = 0,30 \times 0,30 \text{ m}$$

$$\text{Desplante} = 1,50 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,48 \text{ Ton/m}^3$$

$$\gamma_c = 2,40 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{Luz de columna} = 4,85 \text{ m}$$

○ Datos de zapata: la losa de la zapata debe dimensionarse para soportar las cargas aplicadas y las reacciones inducidas.

▪ Cálculo de las cargas de trabajo

$$P't = \frac{P_u}{F_{cu}}$$

$$P't = \frac{42,05}{1,49}$$

$$P't = 28,30 \text{ Ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{3,82}{1,49} = 2,57 \text{ Ton} - m \qquad M_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{3,42}{1,49} = 2,30 \text{ Ton} - m$$

- Predimensionamiento del área de la zapata

$$A_z = \frac{1,5P't}{V_s}$$

$$A_z = \frac{1,5 \times 28,30}{26,42}$$

$A_z = 1,61 \text{ m}^2$ se propone usar dimensiones aproximadas

$$A_z = 1,50 \times 1,50 = 2,25 \text{ m}^2$$

○ Revisión de presión sobre el suelo: la zapata transmite verticalmente al suelo las cargas aplicadas a ellas por medio de la superficie en contacto con éste, ejerce una presión cuyo valor se define por la fórmula.

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}$$

Donde:

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

Además se debe chequear que q no sea negativo, ni mayor que el valor soporte (V_s):

$$S_x = \frac{1,50 \times 1,50^2}{6} = 0,56 \text{ m}^3$$

$$S_y = \frac{1,50 \times 1,50^2}{6} = 0,56 \text{ m}^3$$

$P = P't + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}}$

$P = 28,3 + (0,3 \times 0,3 \times 4,85 \times 2,4) + (2,25 \times 1,5 \times 1,48) + (2,25 \times 0,35 \times 2,4)$

$P = 36,23 \text{ Ton}$

$$q = \frac{36,23}{2,25} \pm \frac{2,57}{0,56} \pm \frac{2,30}{0,56}$$

$q_{\text{máx}} = 24,77 \text{ Ton/m}^2$ cumple, no excede el V_s

$q_{\text{mín}} = 7,44 \text{ Ton/m}^2$ cumple, solo existen compresiones

○ Presión última: como se observa en los cálculos anteriores, la presión está distribuida en forma variable, pero para efectos de diseño estructural se toma una presión última usando el criterio:

$$q_{dis} = q_{\text{máx}} \times F_{cu}$$

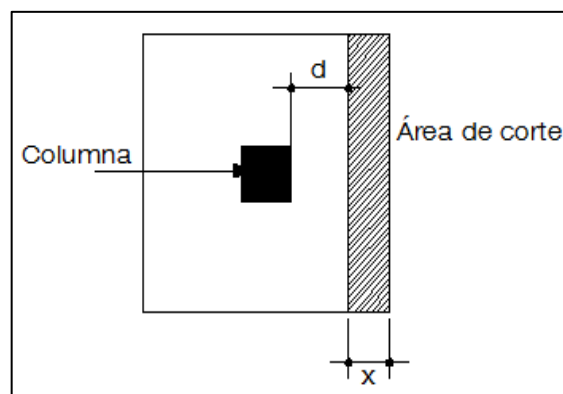
$$q_{dis} = 24,77 \times 1,49$$

$$q_{dis} = 36,80 \text{ Ton/m}^2$$

○ Espesor de zapata: establecida el área de zapata, se procede a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 0,075 metros y que el peralte efectivo sea mayor de 0,15 metros; más el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar, el espesor debe resistir los esfuerzos de corte.

- 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 (ver figura 53) por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante, esto se hace a continuación:

Figura 53. **Corte simple en zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Peralte efectivo:

$$d = t - rec - (\emptyset / 2)$$

$$d = 35 - 7,5 - (1,905 / 2) = 26,55 \text{ cm}$$

- Cálculo de x :

$$x = \frac{Lz - Lc}{2} - d$$

$$x = \frac{1,50 - 0,30}{2} - 0,2655 = 0,3345 \text{ m}$$

- Cálculo del corte actuante:

$$V_{act} = A_c \times q_{dis}$$

$$V_{act} = (0,3345 \times 1,50) \times 36,80$$

$$V_{act} = 18,46 \text{ Ton}$$

Donde:

A_c = área de corte

q_{dis} = presión de diseño

- Corte simple resistente:

$$V_r = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_r = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{210} \times 150 \times 26,55$$

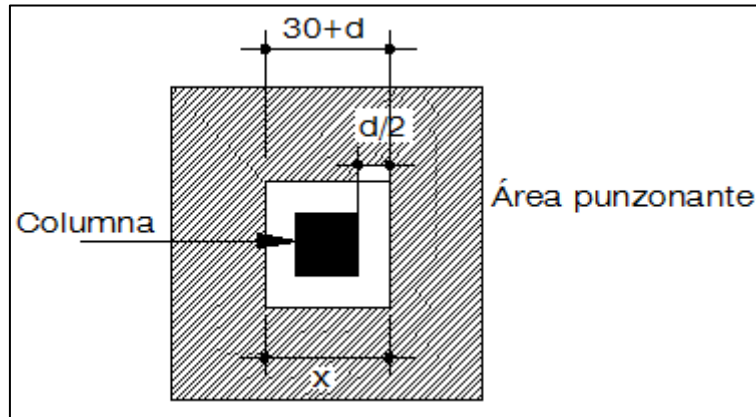
$$V_r = 26,00 \text{ Ton}$$

La norma propone que para cumplir el chequeo por corte simple el corte actuante debe ser menor que el corte resistente y en este caso se acepta.

$$V_{act} (18,46 \text{ Ton}) < V_r (26,00 \text{ Ton}) \text{ Ok}$$

- Chequeo por 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 (ver figura 54).

Figura 54. Corte punzonante de una zapata concéntrica



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Cálculo de x:

$$\begin{aligned}
 x &= 30 + d \\
 x &= 30 + 26,55 \\
 x &= 56,55 \text{ cm} \\
 b_o &= 4 \times 56,55 \text{ cm} \\
 b_o &= 226,19 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Corte punzonante actuante:

$$\begin{aligned}
 V_{act} &= A_{pun} \times q_{dis} \\
 V_{act} &= (1,50 \times 1,50) - (56,55 \times 56,55) \times 36,80 \\
 V_{act} &= 71,02 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Donde:

A_{pun} = área punzonante
 q_{dis} = presión de diseño

- Corte punzonante resistente:

$$V_r = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_r = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{210} \times 226,19 \times 26,55$$

$$V_r = 78,40 \text{ Ton}$$

$$V_{act} (71,02 \text{ Ton}) < V_r (78,40 \text{ Ton}) \text{ Ok}$$

- Diseño del refuerzo por flexión: el empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata debido a esto se debe colocar acero para que pueda soportar dichos esfuerzos.

- Momento último: este se define como una losa en voladizo, con la siguiente fórmula.

$$M_u = \frac{q_{dis} \times L^2}{2}$$

Donde:

L = distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata

$$M_u = \frac{36,80 \times (0,60)^2}{2}$$

$$M_u = 6,62 \text{ Ton} - m$$

- Área de acero requerida

$$A_s = \left[b \times d - \sqrt{(b \times d)^2 - \left(\frac{Mu \times b}{0,003825 \times f'c} \right)} \right] \left(\frac{0,85 \times 210}{2810} \right)$$

$$A_s = \left[100 \times 26,55 - \sqrt{(100 \times 26,55)^2 - \left(\frac{6\,623,23 \times 100}{0,003825 \times 210} \right)} \right] \left(\frac{0,85 \times 210}{2810} \right)$$

$$A_s = 10,17 \text{ cm}^2$$

- Área de acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 \times b \times d}{f_y}$$

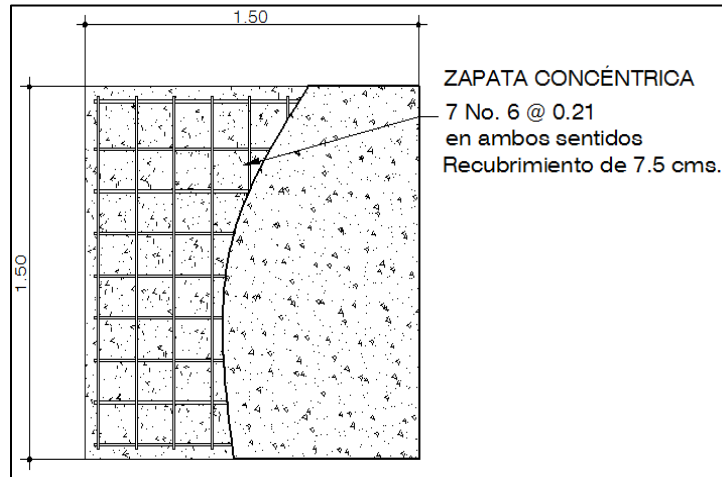
$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 \times 100 \times 26,55}{2810}$$

$$A_{s_{\min}} = 13,32 \text{ cm}^2$$

Debido a que el $A_{s_{\min}}$ es mayor que el A_s requerida, se colocará el $A_{s_{\min}} = 13,32$ centímetros cuadrados en ambos sentidos. El espaciamiento entre varilla de refuerzo se definido por $S = A_v / A_s$, donde $S < 0,21$ metros.

Si se usa varilla No. 6 se tiene $S = 2,85 / 13,32 = 0,21$ metros por lo tanto, las zapatas tipo 1 quedarán armadas con varillas No. 6 @ 0,21 metros en ambos sentidos.

Figura 55. **Detalle final de zapata colindante tipo 1**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

2.2.6.5. **Diseño de gradas**

Una escalera debe ser cómoda y segura esto depende de la relación de los peldaños, es decir, la relación entre huella y contrahuella.

$$H > c$$

$$c < 20 \text{ cm}$$

$$2c + H < 64 \text{ cm}$$

$$c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$$

$$c \times H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Donde:

c = contrahuella

H = huella

- Cargas de diseño para la escalera

$$CM = PP(\text{escalera}) + PP(\text{acabados})$$

$$PP_{\text{escalera}} = Wc \times \left(t \times \frac{c}{2} \right)$$

- Número de escalones mínimo

$$\text{No. de escalones mínimo} = \frac{h}{c_{\text{max}}} = \frac{3,35}{0,165} = 20 \text{ Escalones}$$

Número de huellas = No. de contrahuellas – 1

Número de huellas = 20 – 1 = 19 huellas

Chequeo:

$$c = 16,5 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$$

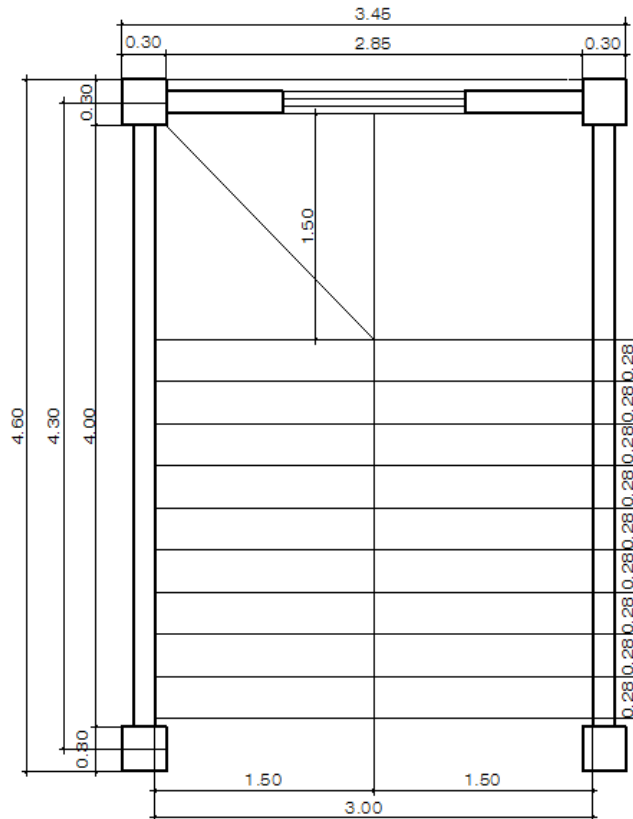
$$H = 28 \text{ cm} > 16 \text{ cm}$$

$$c \times H = 16,5 \times 28 = 462$$

$$2c + H = 2(16,5) + 28 = 61 < 64 \text{ cm}$$

$$c + H = 16,5 + 28 = 44,5 \text{ cm}$$

Figura 56. Representación de las gradas y sus dimensiones



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

- Integración de cargas:

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2\,400 (0,078 + 0,165/2) = 385,20 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = \underline{90,00 \text{ Kg/m}^2}$$

$$\text{Total} = 475,20 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 500,00 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_u = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$C_u = 1,4 (475,20) + 1,7 (500) = 1\,515,28 \text{ Kg/m}^2$$

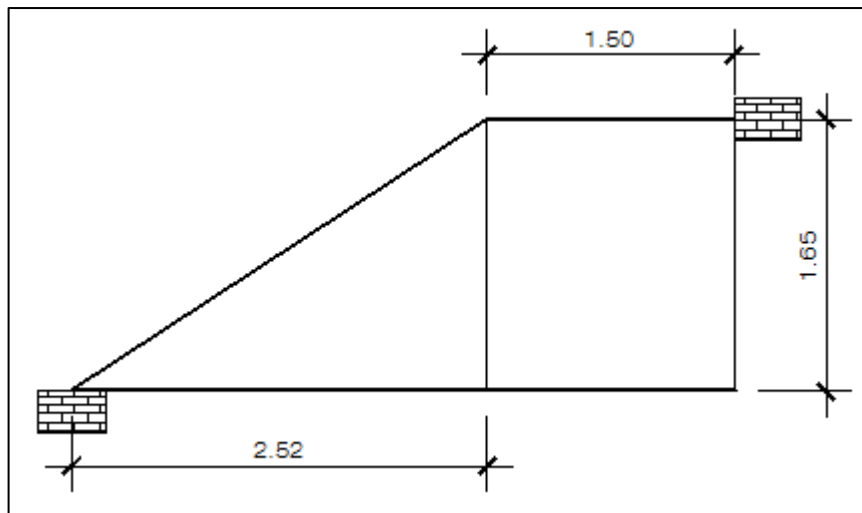
Considerando una franja unitaria de 1 m = 1 515,28 Kg/m²

$$d = \sqrt{(1,65)^2 + (2,52)^2} = 3,01 \text{ m}$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{2\ 810} \times 100 \times 7,5 = 3,76 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,50 \rho_b b d = 0,50 \times 0,03695 \times 100 \times 7,5 = 13,85 \text{ cm}^2$$

Figura 57. **Sección de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

El armado de las gradas queda de la siguiente manera:

$$M \text{ (As mín)} = 685,62 \text{ Kg/m}$$

$$M \text{ (As máx)} = 625,43 \text{ Kg/m}$$

Como el momento del área de acero mínimo es mayor que los momentos actuantes se diseñará con este, proponiendo el siguiente armado.

- Calculando el espaciamiento: área de la varilla propuesta es la No. 3 y No. 4.

$$S_3 = A_v \times 100 / A_s = 18,93 \text{ cm}$$

$$S_4 = A_v \times 100 / A_s = 33,66 \text{ cm}$$

- Acero por temperatura:

$$A_s = 0,002 \times b \times t = 0,002 \times 100 \times 7,5 = 1,50 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{máx}} = 2 \times t = 2 \times 15 = 30 \text{ cm}; \text{ varilla No. 3 @ 0,30 m}$$

El armado de gradas queda No. 3 @ 0,19 metros en el sentido largo y en el sentido corto varilla No. 3 @ 0,30 metros.

2.2.6.6. Diseño de instalaciones

- Hidráulico: el sistema de agua potable del instituto se diseñó de la siguiente manera.

Población

Alumnos por aula: 36

Aulas: 6

Total de alumnos: $36 \times 6 = 216$

Maestros: 6

Director + conserje: 2

Total de personas: 224

Estableciendo una población para diseño de 230 personas. Según Normas de UNEPAR, las dotaciones en zona rural varía entre 60 a 150 litros por habitante por día. En este caso se usará una dotación de 60 litros por habitante por día.

- Obteniendo caudal medio:

$$Q_m = \frac{\text{Dot} \times P_f}{86\,400} = \frac{60 \times 230}{86\,400} = 0,1597 \text{ l/s}$$

- Cálculo del caudal de distribución:

$$Q_d = Q_m \times FHM$$

$$FHM = 2,5$$

$$Q_d = 0,1597 \times 2,5 = 0,3992 \text{ l/s}$$

$$H_f = C_I - C_F$$

Donde:

$$C_I = \text{cota inicial} = 100$$

$$C_F = \text{cota final} = 99,84$$

$$H_f = 100 - 99,84 = 0,163 \text{ m}$$

$$L = 8,15 \text{ m}$$

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times H_f}} = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 \times 8,15 \times 0,3993^{1,85}}{150^{1,85} \times 0,163}}$$

$$D = 1,09 \text{ pulgadas}$$

- Sanitario: se diseñó con Normas del INFOM utilizando como diámetro mínimo 4 pulgadas como se observa en el plano No. 12 y 13 para el caso del drenaje pluvial. En el drenaje sanitario, se disminuyó el diámetro en las conexiones a 1 pulgadas debido al caudal mínimo que transportará la tubería.

Qd = caudal domiciliar

Porcentaje de retorno = 70 por ciento = porcentaje de agua usada que termina en el drenaje.

P = población

Dot = dotación

86 400 = factor para convertir el tiempo de día a segundos

$$Q_{\text{domiciliar}} = \frac{\text{Dot} \times P \times \% \text{retorno}}{86\,400} = \frac{60 \times 230 \times 0,70}{86\,400} = 0,1118 \text{ l/s}$$

- Eléctrico: se elaboró el diagrama unifilar de los circuitos con base en esto se obtuvo la corriente total por medio de la fórmula:

$$I = \frac{\sum(L1+L2)}{V}$$

Donde:

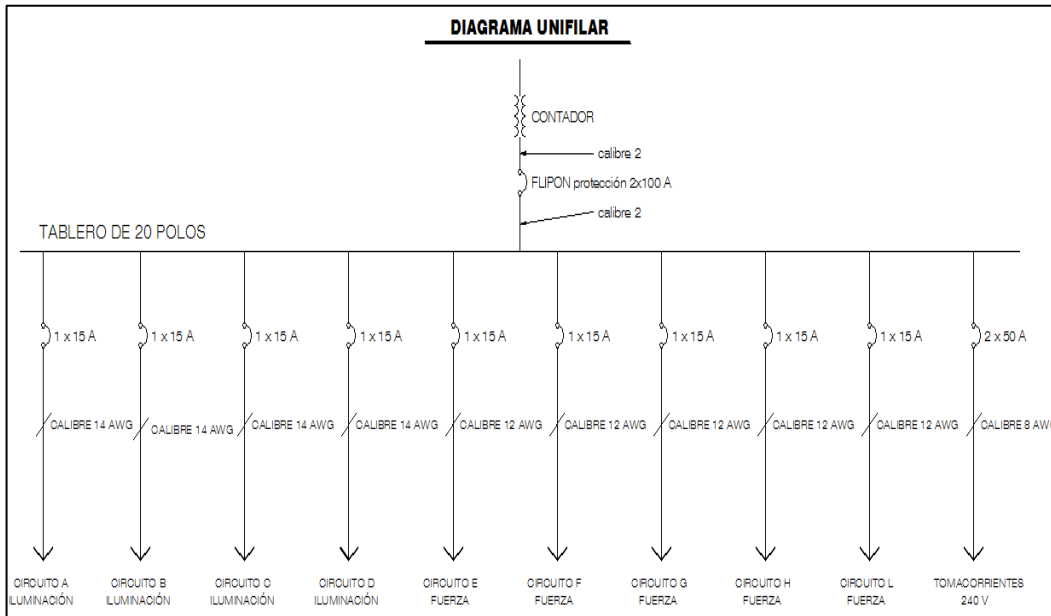
I = corriente total (amperios)

L1 = carga 1 (watts)

L2 = carga 2 (watts)

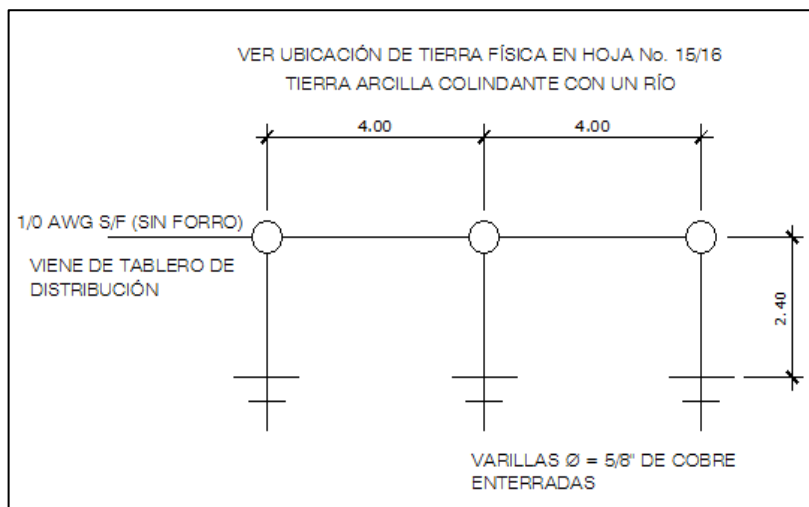
V = voltaje (voltios)

Figura 58. Diagrama unifilar del diseño eléctrico



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Figura 59. Detalle de tierra física



Fuente: elaboración propia, con programa de autocad.

Se realizaron los siguientes cálculos:

- Circuito de iluminación A: se tienen 6 focos ahorradores de 25 watts y 5 lámparas de 2 x 40 tipo industrial, en total se tienen 80 watts por lámpara.

Potencia total en el circuito:

$$(6 \times 25) + (5 \times 80) = 150 + 400 = 550 \text{ watts}$$

De esta misma manera se calcularon los demás circuitos, los resultados se aprecian en la tabla XXIX.

Tabla XXVIII. **Memoria de cálculo del diseño eléctrico**

| No. Circuito | Descripción | Unidades | Potencia (WATTS) | Potencia total | CARGA EN WATTS | | Voltaje | Calibre | Protección |
|--------------|---------------|----------|------------------|----------------|----------------|--------|----------|---------|------------|
| | | | | | L1 | L2 | | | |
| 1 | ILUMINACIÓN A | 11 | 25 y 80 | 550 | 550 | | 120 V | 14 AWG | 1 x 15 A |
| 2 | ILUMINACIÓN B | 12 | 80 | 960 | | 960 | 120 V | 14 AWG | 1 x 15 A |
| 3 | ILUMINACIÓN C | 12 | 80 | 960 | 960 | | 120 V | 14 AWG | 1 x 15 A |
| 4 | ILUMINACIÓN D | 11 | 25, 150 Y 80 | 895 | | 895 | 120 V | 14 AWG | 1 x 15 A |
| 5 | FUERZA E | 9 | 150 | 1350 | 1350 | 1350 | 120 V | 12 AWG | 1 x 20 A |
| 6 | FUERZA F | 10 | 150 | 4000 | 4000 | 4000 | 240 V | 8 AWG | 2 x 50 A |
| 7 | FUERZA G | 8 | 150 | 1200 | 1200 | 1200 | 120 V | 12 AWG | 1 x 20 A |
| 8 | FUERZA H | 7 | 150 | 1050 | 1050 | 1050 | 120 V | 12 AWG | 1 x 20 A |
| 9 | FUERZA L | 8 | 150 | 4000 | 4000 | 4000 | 240 V | 8 AWG | 2 x 50 A |
| | | | | TOTAL | 13,110 | 13,455 | | | |
| | | | | | L1 + L2 = | 26,565 | watts | | |
| | | | | | CORRIENTE I= | 110.69 | amperios | | |

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Elaboración de planos

En la planificación del edificio escolar para el instituto Vaquilito de dos niveles, se realizaron los siguientes planos:

- Planta en conjunto, hoja No. 1/16
- Planta arquitectónica, hoja No. 2/16
- Detalles de fachadas, hoja No. 3/16
- Planta acotada, hoja No. 4/16
- Detalle de secciones y corte de muro típico, hoja No. 5/16
- Planta de cimentación, hoja No. 6/16
- Detalles de cimentación, hoja No. 7/16
- Planta de estructura de losa, hoja No. 8/16
- Plano de detalles de vigas módulo 1, hoja No. 9/16
- Plano de detalles de vigas módulo 1 y 2, hoja No. 10/16
- Planta de detalles de vigas secundarias, hoja No. 11/16
- Planta de agua potable y techos, hoja No. 12/16
- Planta de instalaciones sanitarias, hoja No. 13/16
- Planta de electricidad circuito de iluminación, hoja No. 14/16
- Planta de electricidad circuito de fuerza, hoja No. 15/16
- Planta de acabados, hoja No. 16/16

Cada uno presenta la información necesaria para la construcción del edificio escolar, como áreas, niveles, cotas, resistencia del concreto, resistencia del acero, dimensiones de los elementos estructurales entre otros.

2.2.8. Elaboración de presupuesto

Un presupuesto se define como el cálculo de cantidades de materiales, mano de obra y subcontratos que se hacen para obtener costos directos y costos indirectos (administración, honorarios, utilidades, etc.) con el objetivo de obtener el valor total que tendrá la ejecución del proyecto. Los documentos utilizados en el proceso de elaboración de un presupuesto son: planos, precios unitarios, integración de costos por renglones de trabajo, donde se detallan

costos de materiales y mano de obra, agregando un porcentaje por los costos indirectos. El total de proyecto asciende a un total de Q. 2 031 518,40 en donde el precio por metro cuadrado es de Q. 2 821,00.

Tabla XXIX. Presupuesto del Instituto Mixto Vaquilito

| No. | Renglón | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Sub-total |
|-----|---|----------|----------------|-----------------|---------------|
| 1 | LIMPIA, CHAPEO Y REMOCIÓN DE CAPA VEGETAL | 945,00 | m ² | Q. 12,83 | Q. 12 122,90 |
| 2 | CIMIENTO CORRIDO | 170,95 | ml | Q. 405,58 | Q. 69 333,20 |
| 3 | ZAPATAS TIPO 1 | 22,00 | Unidad | Q. 2 601,67 | Q. 57 236,75 |
| 4 | ZAPATAS TIPO 2 | 8,00 | Unidad | Q. 6 593,86 | Q. 52 750,87 |
| 5 | SOLERA HIDRÓFUGA | 170,95 | ml | Q. 300,01 | Q. 51 286,97 |
| 6 | SOLERA INTERMEDIA | 170,95 | ml | Q. 267,11 | Q. 45 662,65 |
| 7 | SOLERA FINAL | 10,00 | ml | Q. 125,44 | Q. 1 254,37 |
| 8 | VIGA TIPO 1 | 17,50 | ml | Q. 416,11 | Q. 7 281,90 |
| 9 | VIGA TIPO 2 | 17,50 | ml | Q. 573,57 | Q. 10 037,46 |
| 10 | VIGA TIPO 3 | 22,30 | ml | Q. 362,25 | Q. 8 078,22 |
| 11 | VIGA TIPO 4 | 22,30 | ml | Q. 525,14 | Q. 11 710,57 |
| 12 | VIGA TIPO 5 | 28,05 | ml | Q. 476,20 | Q. 13 357,32 |
| 13 | VIGA TIPO 6 | 28,05 | ml | Q. 535,88 | Q. 15 031,31 |
| 14 | VIGA TIPO 7 | 17,00 | ml | Q. 355,62 | Q. 6 045,52 |
| 15 | VIGA TIPO 8 | 17,00 | ml | Q. 450,06 | Q. 7 651,08 |
| 16 | VIGA SECUNDARIA 1 | 179,00 | ml | Q. 341,82 | Q. 61 185,25 |
| 17 | VIGA SECUNDARIA 2 | 110,00 | ml | Q. 341,82 | Q. 37 599,87 |
| 18 | INSTALACIÓN AGUA POTABLE | 1,00 | global | Q. 27 988,56 | Q. 27 988,56 |
| 19 | INSTALACIÓN DRENAJES (aguas negras y pluviales) | 1,00 | global | Q. 19 861,32 | Q. 19 861,32 |
| 20 | LEVANTADO DE BLOCK | 820,00 | m ² | Q. 251,66 | Q. 206 358,05 |
| 21 | COLUMNAS A1 | 151,00 | ml | Q. 598,12 | Q. 90 315,69 |
| 22 | COLUMNAS A2 | 75,00 | ml | Q. 219,41 | Q. 16 455,93 |
| 23 | COLUMNAS A3 | 66,00 | ml | Q. 174,71 | Q. 11 530,82 |
| 24 | COLUMNAS A4 | 33,00 | ml | Q. 116,91 | Q. 3 858,12 |
| 25 | COLUMNAS B1 | 93,00 | ml | Q. 549,31 | Q. 51 085,65 |
| 26 | INSTALACIONES ELÉCTRICAS | 1,00 | global | Q. 50 241,12 | Q. 50 241,12 |

Continuación de la tabla XXX.

| | | | | | |
|----|---------------------------------|--------|---------------------------|------------------------|---------------|
| 27 | LOSA 1er. Y 2do. NIVEL MÓDULO 1 | 380,00 | m ² | Q. 546,87 | Q. 207 810,65 |
| 28 | LOSA 1er. Y 2do. NIVEL MÓDULO 2 | 340,00 | m ² | Q. 500,03 | Q. 170 010,26 |
| 29 | PISO TORTA DE CONCRETO | 700,00 | m ² | Q. 252,42 | Q. 176 695,42 |
| 30 | PUERTAS | 58,00 | m ² | Q. 1 835,20 | Q. 106 441,60 |
| 31 | VENTANAS DE HIERRO | 120,00 | m ² | Q. 518,00 | Q. 62 160,00 |
| 32 | VENTANAS DE ALUMINIO | 30,00 | m ² | Q. 717,80 | Q. 21 534,00 |
| 33 | ACABADOS | 720,00 | m ² | Q. 425,21 | Q. 306 150,77 |
| 34 | HECHURA DE GRADAS | 1,00 | global | Q. 9 124,20 | Q. 9 124,20 |
| 35 | LIMPIEZA GENERAL | 1,00 | global | Q. 26 270,00 | Q. 26 270,00 |
| | | | TOTAL DEL PROYECTO | Q. 2 031 518,40 | |

Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Cronograma de ejecución

Es útil en la planificación de un proyecto, permite conocer el tiempo que se llevará cada una de las etapas de una obra y así obtener el tiempo total necesario para su ejecución.

Tabla XXX.

Cronograma de ejecución del Instituto Vaquilito

| ACTIVIDAD | mes 1 | mes 2 | mes 3 | mes 4 | mes 5 | mes 6 | mes 7 | mes 8 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| LIMPIA, CHAPEO Y REINOCIÓN DE CAPA VEGETAL | | | | | | | | |
| CEMENTO CORRIDO | | | | | | | | |
| ZAPATA S | | | | | | | | |
| SOLERAS | | | | | | | | |
| VIGAS | | | | | | | | |
| INSTALACIÓN AGUA POTABLE | | | | | | | | |
| INSTALACIÓN DRENAJES (aguas negras y pluviales) | | | | | | | | |
| LEVANTADO DE BLOCK | | | | | | | | |
| COLUMNAS | | | | | | | | |
| INSTALACIONES ELÉCTRICAS | | | | | | | | |
| LOSA 1er. Y 2do. NIVEL MÓDULO 1 | | | | | | | | |
| LOSA 1er. Y 2do. NIVEL MÓDULO 2 | | | | | | | | |
| PISO TORTA DE CONCRETO | | | | | | | | |
| PUERTAS | | | | | | | | |
| VENTANAS DE HIERRO | | | | | | | | |
| VENTANAS DE ALUMINO | | | | | | | | |
| ACABADOS | | | | | | | | |
| HECHURA DE GRADAS | | | | | | | | |
| LIMPIEZA GENERAL | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

2.2.10. Evaluación de impacto ambiental

- Amenazas potenciales

Toda construcción tiene amenazas potenciales, aquéllas que probablemente se producirán sobre el ambiente como consecuencia de las distintas acciones asociadas a la construcción y funcionamiento de los proyectos. Los impactos debidos al sistema de agua potable se producen principalmente sobre el medio natural, por el corte de árboles, excavaciones que se realizarán para la colocación de las diferentes obras, además sobre el paisaje por la intrusión visual de los pasos aéreos, en el caso de proximidad a parajes de gran valor o zonas muy frecuentadas.

Por otro lado, la estructura escolar será construida dentro del área rural por lo que producirá mayor contaminación ambiental, afectará a la población debido al personal que trabajará en la obra y a la manipulación de los materiales de construcción.

- Fase de construcción

- Modificación de la topografía y geomorfología local
- Afectación al suelo
- Alteración en la calidad del agua
- Alteración de la calidad del aire
- Alteración de los niveles de presión sonora
- Alteración de las comunidades florísticas
- Alteración de las comunidades faunísticas
- Alteración de la calidad de paisaje
- Incremento y expansión de nuevas condiciones económicas

- Incremento en la interacción entre los núcleos de población
 - Generación de empleos
 - Generación de residuos
 - Deterioro de los caminos privados
- Fase de operación
 - Alteración de los niveles de presión sonora
 - Alteración de las comunidades faunísticas
 - Afectación de la vegetación que crece en el área de servidumbre
 - Incremento y expansión de nuevas condiciones económicas
 - Incremento en la interacción entre los núcleos de población

De manera global, la tabla XXXII describe sobre qué factor ambiental se producirá el impacto y las consecuencias que podrían ocasionar sobre el medio la construcción de los proyectos, agrupados por un lado, del elemento que es afectado, y por el otro, de la fase en la que se producen.

Tabla XXXI. **Medios afectados según la fase del proyecto**

| FASES DEL PROYECTO | MEDIO POTENCIALMENTE AFECTADO |
|--------------------|--|
| CONSTRUCCIÓN | Suelo Ruido Flora y vegetación Fauna Medio socioeconómico Paisaje |
| OPERACIÓN | Ruido Fauna Medio socioeconómico |

Fuente: elaboración propia.

- Tipos de vulnerabilidades de la población

En cualquier tipo de construcción siempre se verá afectada la naturaleza y la población cercana, como por ejemplo el ruido, la contaminación visual, entre otras. Pero también habrá ventajas en el área socioeconómica; en donde se generará empleo para la población, aumentando la calidad de vida. Entre las medidas de mitigación al medio físico se encuentran las siguientes:

- Suelo

La mayor parte de los efectos potenciales sobre el suelo se desarrollarán en la fase de construcción. Entre los efectos sobre el suelo que se identifican son:

- Degradación del suelo por fenómenos erosivos
- Compactación del suelo
- Contaminación por vertidos accidentales
- Inestabilidad de taludes
- Modificaciones del relieve
- Ocupación del suelo

En el momento de la construcción de estructuras principales, se procede a la deforestación de los pasillos de circulación o las áreas destinadas para las mismas estructuras. Además de dichos pasillos se debe considerar la deforestación que se provoca al crear accesos necesarios, en estas zonas se elimina tanto la vegetación arbórea (árboles) como la arbustiva (arbustos). De esta manera contribuye a la degradación del suelo, principalmente la capa vegetal, lo que favorece la erosión.

El proceso de degradación es debido principalmente a la utilización de los suelos forestales para otros usos, y a la acción del viento y la lluvia principalmente (erosividad por intensidad y continuidad), viéndose potenciado por la pendiente del terreno.

Las excavaciones se realizarán con el celo y cuidado necesario para evitar que se generen daños innecesarios en el terreno circundante, éstas dependerán del tipo de suelo (tierra, roca o mixta); por lo que los efectos sobre los horizontes más superficiales del suelo no se considerarán graves, pérdida de cierto volumen de estrato orgánico y una compactación del suelo debido al movimiento de la maquinaria en torno al área de trabajo.

La compactación del suelo supone una disminución de la permeabilidad del suelo, dificultando la regeneración de la vegetación. Este efecto será reducido debido a la limitación de la superficie afectada.

Se producirá una contaminación del suelo debida al derrame de materiales o vertido de residuos, que pudieran ser potencialmente contaminantes (combustible, aceite, concreto, aditivos) durante la fase de construcción. Las acciones del proyecto, como la apertura de nuevos accesos o las excavaciones, pueden ocasionar fenómenos de inestabilidad de taludes en zonas de pendiente fuerte y de escasa cubierta vegetal, en momentos de máxima lluvia.

CONCLUSIONES

1. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) contribuye a la formación profesional del futuro ingeniero civil, ya que permite llevar a la práctica la teoría, adquiriendo criterio y experiencia a través del planteamiento de soluciones viables a los diferentes problemas que padecen las comunidades del país, ya que en la práctica se pueden apreciar las necesidades de las comunidades.
2. La realización de ambos proyectos mejorarán las condiciones de salud, educación, economía y convivencia social de la población, ya que en el proyecto del edificio escolar, las aulas del primer nivel se podrán convertir en una salón social de usos múltiples y el proyecto del agua potable aumentará las condiciones de saneamiento en la comunidad.
3. Los proyectos de agua potable deben construirse dentro de un proceso de planificación, el cual involucra la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos y responder a los reglamentos públicos del Gobierno.
4. Para garantizar la seguridad de la estructura se usaron factores que vienen a aumentar los esfuerzos actuantes y con ellos diseñar cada uno de los elementos que conforman el edificio, tomando en cuenta que los materiales usados presentan una capacidad de resistencia que permiten que los componentes en función colapsen de una forma balanceada al momento de un sismo.

RECOMENDACIONES

1. Es importante que el profesional de ingeniería civil encargado, garantice la supervisión técnica necesaria, el control de calidad de los materiales y que se apliquen a cabalidad los criterios y especificaciones técnicas contenidas en los planos, durante la construcción de los proyectos.
2. Deben promoverse medidas de mitigación para sostener el sistema de agua potable contra desastres naturales, así como para proteger la salud y la inversión de cada proyecto.
3. Es importante garantizar la potabilidad del agua del sistema de abastecimiento, sometiéndola a tratamiento de desinfección bacteriológica, mediante la utilización de cloro; con ello se evitará la transmisión de enfermedades gastrointestinales a los consumidores.
4. Es necesario, una vez finalizada la construcción del edificio escolar, brindar el mantenimiento correspondiente y crear un fondo para el sostenimiento del mismo, para mantenerlo en buen estado y que proporcione las condiciones necesarias para la comunidad educativa.
5. Actualizar el presupuesto de los proyectos antes de su cotización o contratación, ya que, tanto los materiales como los salarios están sujetos a cambios ocasionados por variaciones en la economía.

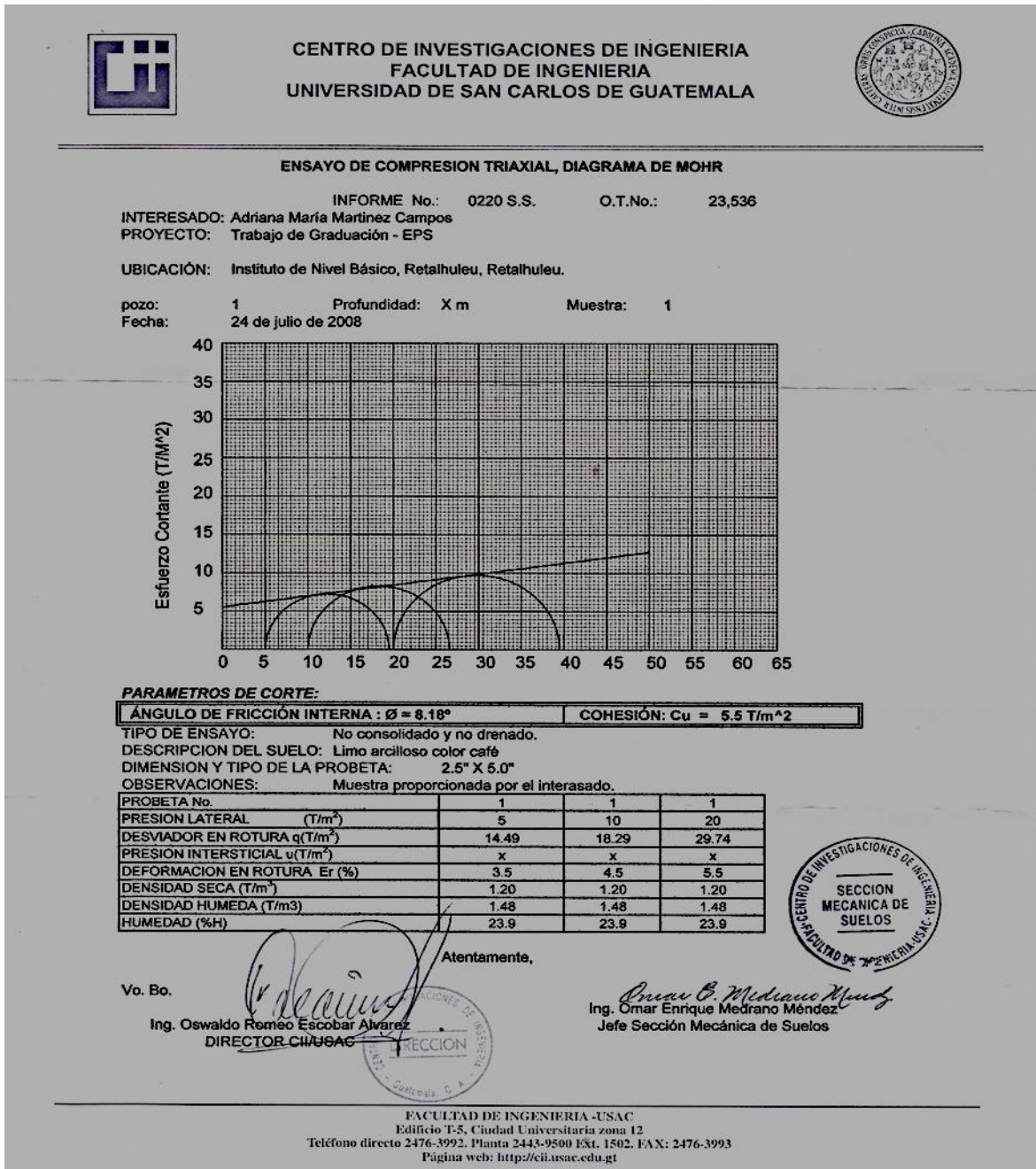
BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, *Normas estructurales de diseño y construcción recomendados para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2002. 15 p.
2. Comité ACI-318 *Reglamento de las construcciones de concreto reforzado*, México: Limusa, 1999. 525 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos, *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 4a. ed. México: Limusa, 1999. 640 p.
4. GARCÍA, William. *Método práctico de presupuestos de construcción*. Guatemala: Expresión Artística, 2008. 134 p.
5. *Guía metodológica formulación y evaluación de proyectos de agua potable y saneamiento*. Guatemala; SEGEPLAN, Paz editores, 2007. 126 p.
6. HIDALGO MORALES, Selvin Ariel. *Diseño de la rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua y diseño de un módulo de aulas para la escuela oficial rural mixta de la aldea Chirijox del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, departamento de Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009.

ANEXOS

- Anexo 1. **Ensayo de compresión triaxial, edificio escolar aldea Vaquilito Retalhuleu**
- Anexo 2. **Examen bacteriológico del río Tzununá, Retalhuleu**
- Anexo 3. **Examen físico-químico sanitario del río Tzununá, Retalhuleu**
- Anexo 4. **Norma Coguanor NGO 29001 de Agua Potable**

Anexo 1. **Ensayo de compresión triaxial, edificio escolar aldea Vaquilito Retalhuleu**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 2. Examen bacteriológico del río Tzununá, Retalhuleu




LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
 "DOCTORA ALBA TABARINI MOLINA"
 CENTRO DE INVESTIGACIONES (CII)
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

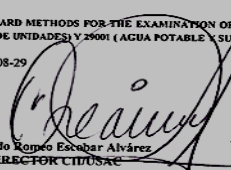

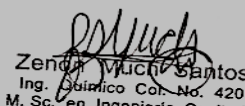
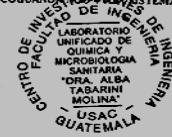
| EXAMEN BACTERIOLOGICO | | | |
|--|--|--|--|
| O.T. No. 23 587 | | INF. No. A-298100 | |
| INTERESADO | ADRIANA MARÍA MARTÍNEZ CAMPOS (camé No. 2001-30108) | PROYECTO: | EPS "diseño de línea de conducción de agua potable y diseño del instituto de nivel básico para el municipio de Retalhuleu" |
| MUESTRA RECOLECTADA POR | Interesado | DEPENDENCIA: | FAC. DE INGENIERÍA -USAC |
| LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: | Río Tzununá | FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: | 2008-07-21; 06 h 30 min. |
| FUENTE: | Captación Presa Xelajú | FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: | 2008-07-21; 10 h 50 min |
| MUNICIPIO: | Retalhuleu | CONDICIONES DE TRANSPORTE: | Con refrigeración |
| DEPARTAMENTO: | Retalhuleu | SABOR: | ----- |
| SABOR: | ----- | SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN | Gran cantidad |
| ASPECTO: | Turbia | CLORO RESIDUAL | ----- |
| OLOR: | A materia orgánica | | |
| INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES) | | | |
| | | PRUEBA CONFIRMATIVA | |
| PRUEBAS NORMALES | PRUEBA PRESUNTIVA | FORMACION DE GAS | |
| CANTIDAD SEMBRADA | FORMACION DE GAS - 35°C | TOTAL | FECAL 44.5 °C |
| 00,10 cm ³ | +++++ | +++++ | +++++ |
| 00,01 cm ³ | +++++ | +++++ | +++++ |
| 00,001 cm ³ | +++++ | +++++ | +- - - |
| RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm ³ | | > 16 x 10 ⁴ | 5 x 10 ⁴ |
| TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21 TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA. | | | |
| OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación II. Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua. | | | |
| Guatemala, 2008-08-28 | | | |
| Vo.Bo. | | | |
| | Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez DIRECTOR CH/USAC | Zelmar Much Santoso Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio | |

Fuente: Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, ERIS-CII, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 3. Examen físico-químico sanitario del río Tzununá, Retalhuleu



LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS HIDRAÚLICOS (ERIS)-CENTRO
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

| ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO | | | | INF. No. 23 321 | |
|---|--|--|--|--|--------|
| O.T. No. 23587 | | | | | |
| INTERESADO: | ADRIANA MARÍA MARTÍNEZ CAMPOS (Carné No. 2001-30108) | | PROYECTO: | EPS "Diseño de línea de conducción de agua potable y diseño del instituto de nivel básico para el municipio de Retalhuleu" | |
| RECOLECTADA POR: | Interesada | | DEPENDENCIA: | FAC. DE INGENIERÍA-USAC | |
| LUGAR DE RECOLECCIÓN: | Río Tzununá | | FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: | 2008-07-21; 06 h 30 min. | |
| FUENTE: | Captación Presa Xelajú | | FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: | 2008-07-21; 10 h 50 min. | |
| MUNICIPIO: | Retalhuleu | | CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: | Con refrigeración | |
| DEPARTAMENTO: | Retalhuleu | | | | |
| RESULTADOS | | | | | |
| 1. ASPECTO: | Turbio | | 4. OLOR: | A materia orgánica | |
| 2. COLOR: | 553,00 Unidades | | 5. SABOR: | ----- | |
| 3. TURBIEDAD: | 425,00 UNT | | 6. potencial de Hidrógeno (pH): | 06,91 unidades | |
| 7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) | | 21° C | | | |
| 8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA | | 43,90 μ mhos/cm | | | |
| SUSTANCIAS | mg/L | SUSTANCIAS | mg/L | SUSTANCIAS | mg/L |
| 1. AMONIACO (NH ₃) | 00,32 | 6. CLORUROS (Cl) | 05,00 | 11. SOLIDOS TOTALES | 580,00 |
| 2. NITRITOS (NO ₂) | 00,833 | 7. FLUORUROS (F) | 00,04 | 12. SOLIDOS VOLÁTILES | 516,00 |
| 3. NITRATOS (NO ₃) | 05,94 | 8. SULFATOS (SO ₄ ⁻²) | 05,00 | 13. SOLIDOS FIJOS | 64,00 |
| 4. CLORO RESIDUAL | -- | 9. HIERRO TOTAL (Fe) | 15,20 | 14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN | 544,00 |
| 5. MANGANESO (Mn) | 00,07 | 10. DUREZA TOTAL | 12,00 | 15. SOLIDOS DISUELTOS | 23,00 |
| ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN) | | | | | |
| HIDROXIDOS | CARBONATOS | BICARBONATOS | ALCALINIDAD TOTAL | | |
| mg/L | mg/L | mg/L | mg/L | | |
| 00,00 | 00,00 | 24,00 | 24,00 | | |
| OTRAS DETERMINACIONES _____ | | | | | |
| OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico aspecto turbio (rechazable), olor a materia orgánica (rechazable). Desde el punto de vista de la calidad química el agua cumple con la norma. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua. | | | | | |
| TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21 th EDITION 2 005, NORMA COGUAROR, SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES Y 25001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA. | | | | | |
| Guatemala, 2008-08-29 | | | | | |
| Vo.Bo. |  Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez DIRECTOR CIUDASAC | |  | | |
| | | |  Zenia Vilich Santos Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio | | |
| | | |  | | |

Fuente: Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, ERIS-CII, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 4. Norma Coguanor NGO 29001 de Agua Potable

4. Características y especificaciones físicas y químicas: esta norma tiene por objeto fijar los valores de las características que definen la calidad del agua potable.

4.1. Características físicas

Tabla 1. **Características sensoriales, límite máximo aceptable (LMA) y el límite máximo permisible (LMP).**

| Características | LMA | LMP |
|-----------------|---------------|---------------|
| Color | 5,0 u | 35,0 U (1) |
| Olor | No rechazable | No rechazable |
| Sabor | No rechazable | No rechazable |
| Turbiedad | 5,0 UNT | 15,0 UNT (2) |

(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto,
(2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT), Estas unidades deben considerarse en los resultados,

4.1.1. Conductividad eléctrica: el agua potable deberá tener una conductividad de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C.

4.2. Características químicas del agua potable: son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican en la tabla siguiente:

Tabla 2. **Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles**

| Características | Límite máximo aceptable | Límite máximo permisible |
|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Cloro residual libre (1)(2) | 0,5 mg/L | 1,0 mg/L |
| Cloruro (Cl) | 100000 mg/L | 250000 mg/L |
| Conductividad | ----- | < de 1500 μ S/cm |
| Dureza total (CaCO ₃) | 100000 mg/L | 500000 mg/L |
| Potencial de hidrogeno | 7,0-7,5 | 6,5-8,5 |
| Sólidos totales disueltos | 500000 mg/L | 1000000 mg/L |
| Sulfato (SO ₄) | 100000 mg/L | 250000 mg/L |
| Temperatura | 15,0 °C-25,0 °C | 34,0 °C |
| Aluminio (Al) | 0,050 mg/L | 0,100 mg/L |
| Calcio (Ca) | 75000 mg/L | 150000 mg/L |
| Cinc (Zn) | 3000 mg/L | 70000 mg/L |
| Cobre (Cu) | 0,050 mg/L | 1500 mg/L |
| Magnesio (Mg) | 50000 mg/L | 100000 mg/L |

(1) El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0,5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8,0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de Escherichia coli y ciertos virus.

(2) En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2,0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo, Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.

(3) En unidades de pH.

4.3. Agua clorada: la cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria segura, potable. La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua, por lo que en la tabla 2 se hizo referencia a los límites adecuados de concentración de cloro residual que es aquella porción del cloro residual total que esté “libre” y

que sirva como medida de capacidad para oxidar la materia orgánica que pueda encontrarse en el interior de las tuberías o por ruptura de las mismas que pueda producir cierta contaminación microbiológica.

4.4. Límites de toxicidad: en la tabla 3 se indican algunas sustancias o compuestos químicos que al sobrepasar el límite máximo permisible en el agua potable, causan toxicidad.

Tabla 3. **Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles (LMP)**

| Substancia | LMP, en miligramos por litro |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Arsénico (As) | 0,010 |
| Bario (Ba) | 0,700 |
| Boro (B) | 0,300 |
| Cadmio (Cd) | 0,003 |
| Cianuro (CN ⁻) | 0,070 |
| Cromo (Cr) | 0,050 |
| Mercurio (Hg) | 0,001 |
| Plomo (Pb) | 0,010 |
| Selenio (Se) | 0,010 |

Características bacteriológicas

5.3.1. Método de los tubos múltiples de fermentación: según se indique por las muestras que se examinen, la presencia de microorganismos del grupo coliforme, no debe exceder de los siguientes límites:

Tabla 7. **Límites para el método de los tubos múltiples de fermentación, grupo coliforme**

| | |
|---|---|
| Cuando se examinan porciones de 10 ml: | No más del 10 % deben mostrar, en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme |
| No se permitirá la presencia del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10 ml de una muestra normal, cuando ocurran: | <ul style="list-style-type: none"> -En dos muestras consecutivas -En más de una muestra mensual, cuando se examinan en ese período menos de 20 muestras -En más de 5 % de las muestras, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras |

5.3.2. Método de las membranas de filtración: cuando se aplique este método el número de microorganismos del grupo coliforme no debe exceder los siguientes límites:

Tabla 8. **Límites para el método de las membranas de filtración, grupo coliforme**

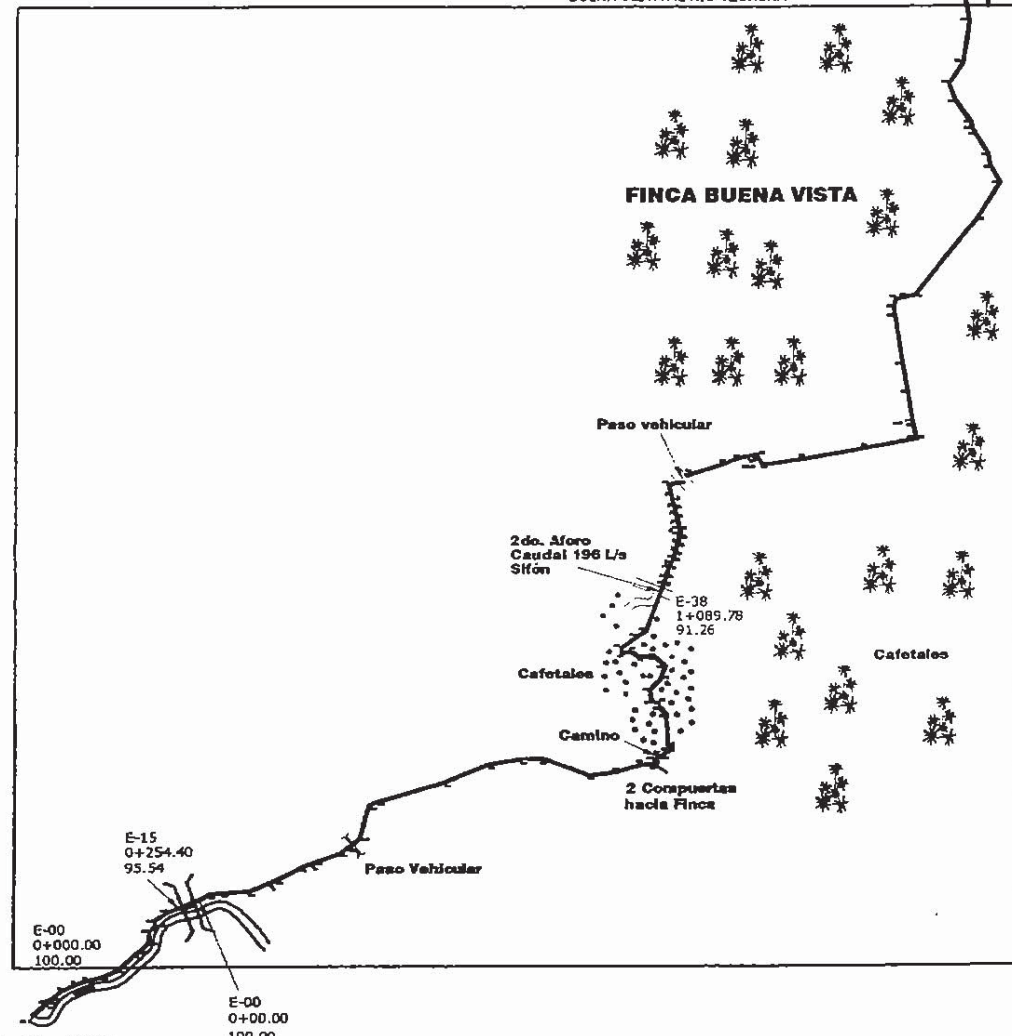
| | |
|---|--|
| La media aritmética de todas las muestras normales que se examinen en un mes no debe exceder de: | Un microorganismo/100 ml |
| El número de colonias por muestra normal no debe exceder de 3/50 ml,, 4/100 ml,, 7/200 ml, ó 13/500 ml: | <ul style="list-style-type: none"> -Dos muestras consecutivas -En más de una muestra mensual, cuando se examinan en ese período menos de 20 muestras -Más de 5 % de las muestras normales, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras |

5.4. Se establece el número de muestras en relación a la población servida de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 9. Frecuencias mínimas de la toma de muestras y análisis del agua para consumo humano en sistemas de distribución

| Población servida en números de habitantes | Cantidad de muestras al año | | |
|--|-----------------------------|-------------|-------------|
| | Análisis E1 | Análisis E2 | Análisis E1 |
| 1 – 500 | 2 | 1 | (1) |
| 501 – 5000 | 4 | 1 | (1) |
| 5001 – 10 000 | 12 | 3 | (1) |
| 10 001 – 50 000 | 60 | 6 | 1 |
| 50 001 – 100 000 | 120 | 12 | 2 |
| 100 001 – 150 000 | 180 | 18 | 3 |
| 150 001 – 300 000 | 360 | 36 | 6 |
| 300 001 – 500 000 | 360 (2) | 60 | 10 |
| 500 001 – 1 000 000 | 360 (2) | 120 (2) | 20(2) |
| 1 000 001 – 5 000 000 | 360 (2) | 120 (2) | 20(2) |

Fuente: Norma Coguanor NGO 29001. Agua Potable. Especificaciones, 1985.

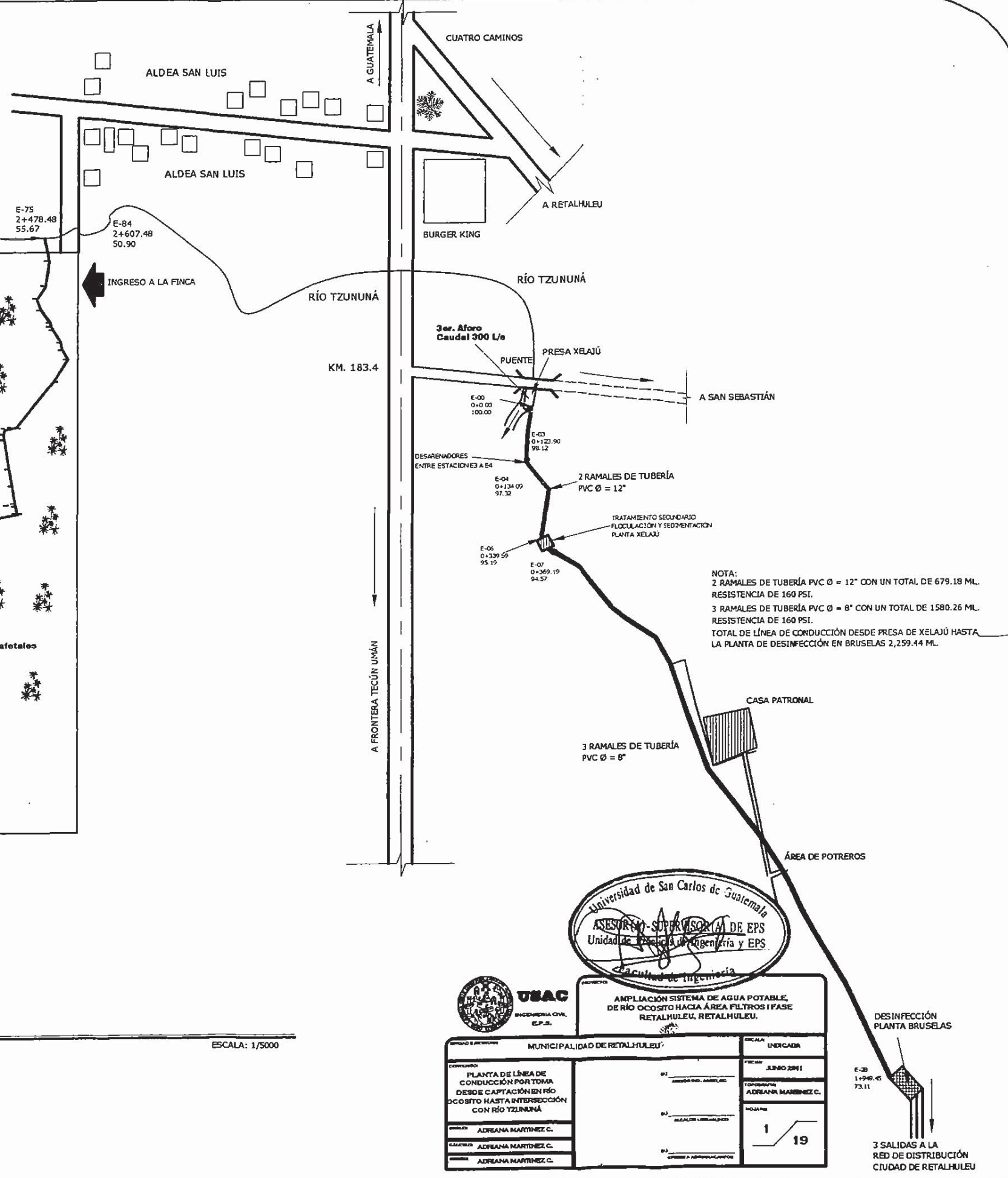


Caudal de captación= 500 L/s
Caudal actual= 310 L/s

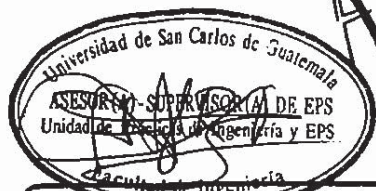
CAPTACIÓN CON CAYONES
RÍO OCOSITO

PLANTA EN CONJUNTO

ESCALA: 1/5000



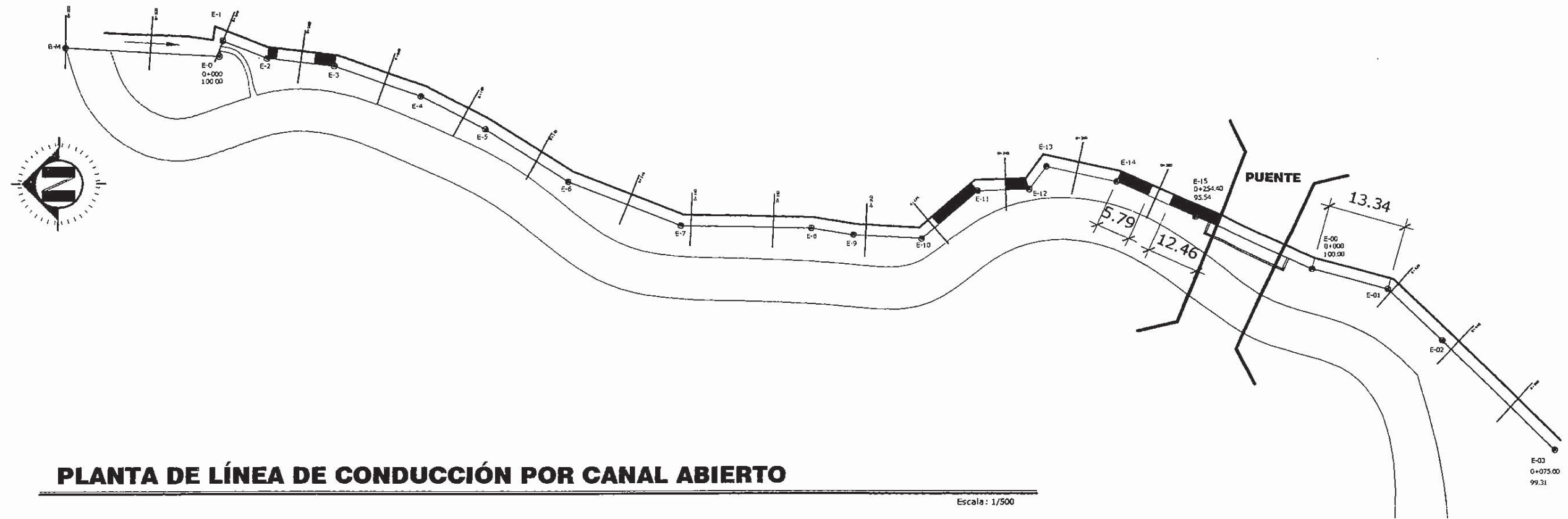
NOTA:
2 RAMALES DE TUBERÍA PVC Ø = 12" CON UN TOTAL DE 679.18 ML. RESISTENCIA DE 160 PSI.
3 RAMALES DE TUBERÍA PVC Ø = 8" CON UN TOTAL DE 1580.26 ML. RESISTENCIA DE 160 PSI.
TOTAL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN DESDE PRESA DE XELAJÚ HASTA LA PLANTA DE DESINFECCIÓN EN BRUSELAS 2,259.44 ML.



| | | |
|--|--|--------------------------------|
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | UNICADRA |
| PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR TOMA DESDE CAPTACIÓN EN RÍO OCOSITO HASTA INTERSECCIÓN CON RÍO TZUNUNÁ | | FECHA: JUNIO 2011 |
| PROYECTISTA: ADRIANA MARTÍNEZ C. | REVISOR: ADRIANA MARTÍNEZ C. | TOPÓGRAFA: ADRIANA MARTÍNEZ C. |
| CALCULO: ADRIANA MARTÍNEZ C. | ELABORACIÓN DE PLANOS: ADRIANA MARTÍNEZ C. | NO. PLANOS: 1 / 19 |
| APROBADO: ADRIANA MARTÍNEZ C. | OPINIÓN DEL CLIENTE: [] | |

DESINFECCIÓN PLANTA BRUSELAS

3 SALIDAS A LA RED DE DISTRIBUCIÓN CIUDAD DE RETALHULEU



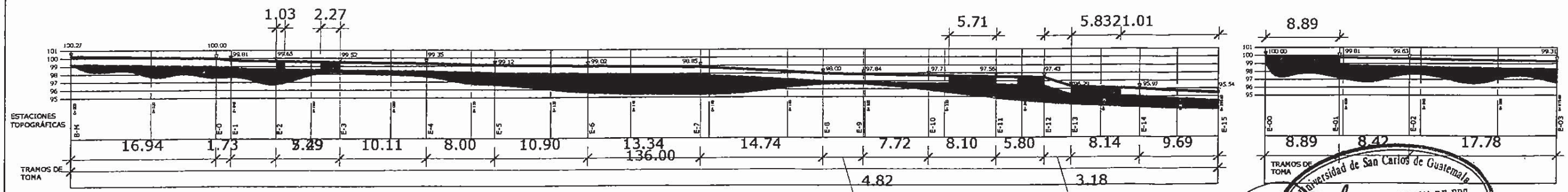
PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR CANAL ABIERTO

Escala: 1/500

NOTA: DISTANCIA TOTAL DE LA E-01 A E-15 ES DE 254.40 ML.
EL TERRENO CONSTA CON UNA PENDIENTE DE 1.75 %

DISTANCIA TOTAL DE LA E-00 A E-03 ES DE 75.00 ML.
DEBIDO AL PUENTE UBICADO AL FINALIZAR E-15 SE INTERRUMPE
EL CAMINAMIENTO Y SE INICIA CON UNA NUEVA ESTACIÓN E-0.

| | |
|--|---|
| | MURO ASHURADO A MEJORAR CON UNA LONGITUD DE 57.55 ML. |
| | COTA DE TERRENO |
| | ESTACIÓN |
| | NIVEL DE LECHOTOMA |



PERFIL DE TOMA

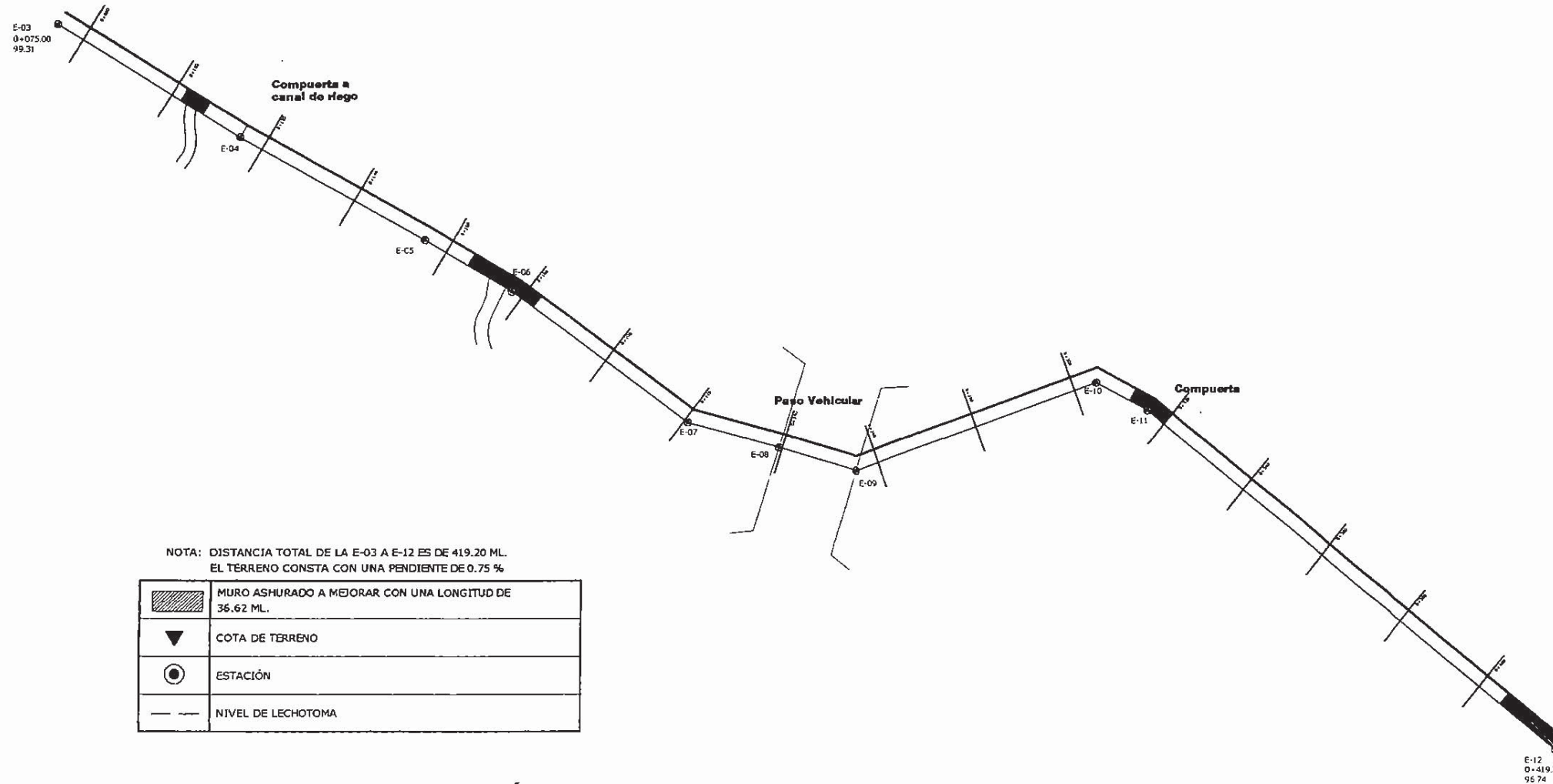
ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL

PROFESOR Y SUPERVISOR(A) DE EPS
ADRIANA MARTÍNEZ C.

ESCUELA DE INGENIERÍA
DE RÍO OLOSITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE
RETALHULEU, RETALHULEU.

| | | | |
|------------------|--|----------------|---------------------|
| UNIDAD EJECUTORA | MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | FECHA INDICADA | JUNIO 2010 |
| CONTENIDO | PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR TOMA DESDE CAPTACIÓN EN RÍO OLOSITO HASTA INTERSECCIÓN CON RÍO TZUNUNÁ | PROYECTISTA | ADRIANA MARTÍNEZ C. |
| DISEÑADO | ADRIANA MARTÍNEZ C. | PROYECTO | 2/19 |
| CALCULADO | ADRIANA MARTÍNEZ C. | | |
| REVISADO | ADRIANA MARTÍNEZ C. | | |

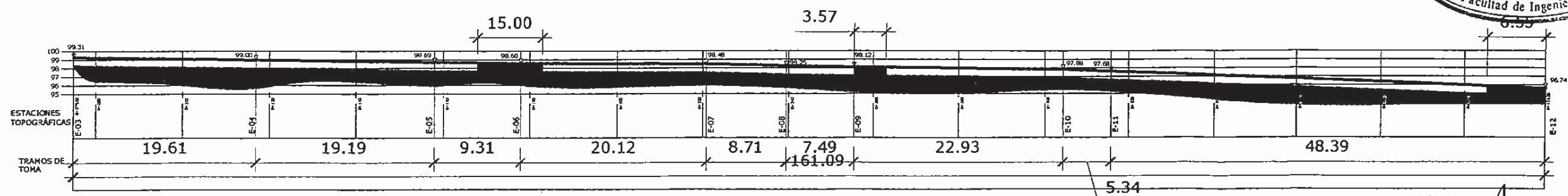


NOTA: DISTANCIA TOTAL DE LA E-03 A E-12 ES DE 419.20 ML.
EL TERRENO CONSTA CON UNA PENDIENTE DE 0.75 %

| | |
|--|---|
| | MURO ASHURADO A MEJORAR CON UNA LONGITUD DE 36.62 ML. |
| | COTA DE TERRENO |
| | ESTACIÓN |
| | NIVEL DE LECHOTOMA |

PLANTA DE LINEA DE CONDUCCIÓN POR CANAL ABIERTO

ESCALA: 1/500



PERFIL DE TOMA

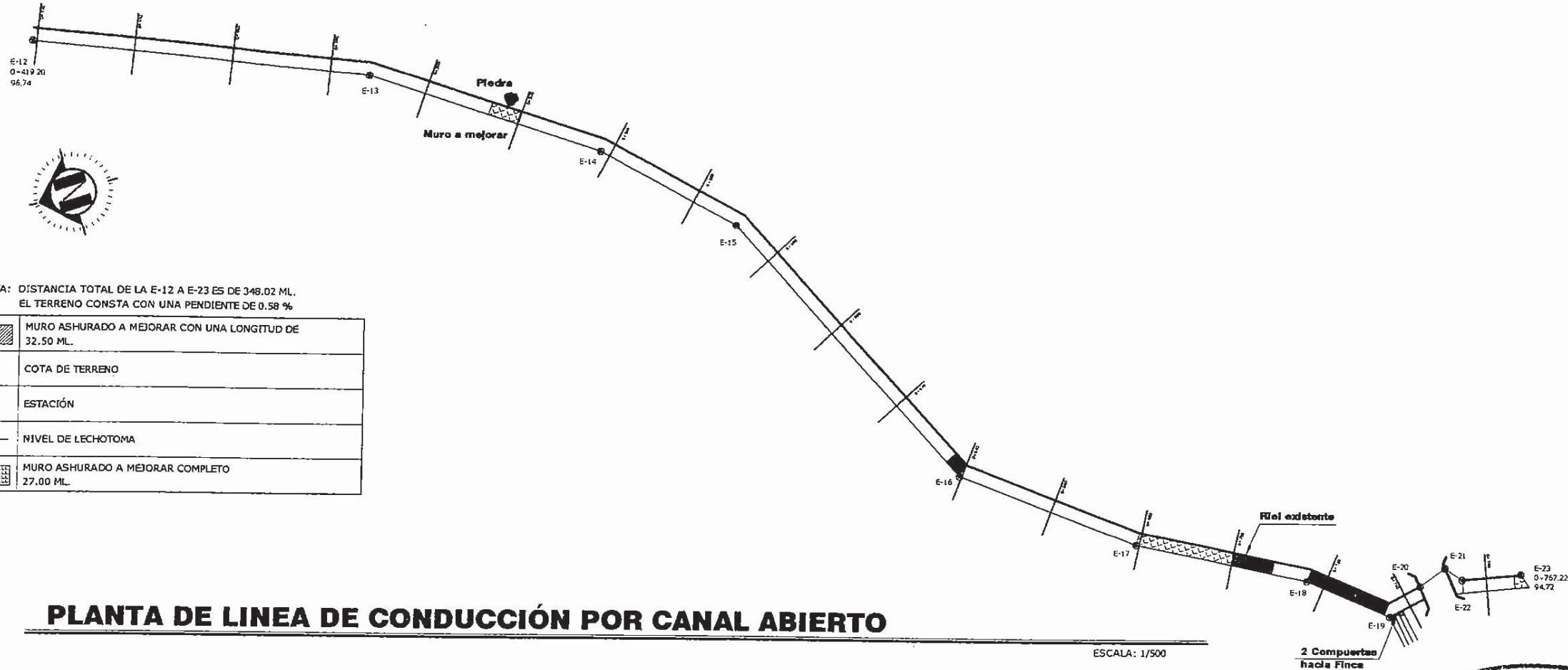
ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/500



USAC
INGENIERIA CIVIL
E.P.-S.

AMPLIACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE,
DE RÍO OCOBITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE
RETALHULEU, RETALHULEU.

| | | |
|-----------------------------|--|---------------------------------|
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | INDICADA |
| CONTRATO | PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR TOMA DESDE CAPTACIÓN EN RÍO OCOBITO HASTA INTERSECCIÓN CON RÍO TZUMUNA | FECHA JUNIO 2011 |
| DISEÑO | ADRIANA MARTÍNEZ C. | PROYECTISTA ADRIANA MARTÍNEZ C. |
| CALEFICADO | ADRIANA MARTÍNEZ C. | BOLETÍN 3 |
| REVISADO | ADRIANA MARTÍNEZ C. | 19 |

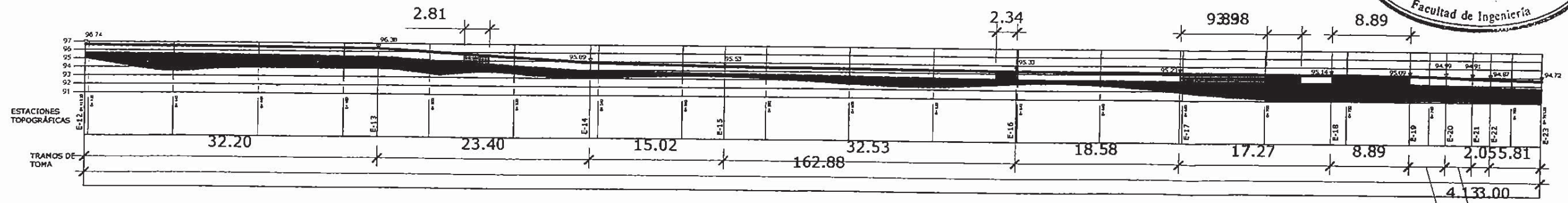
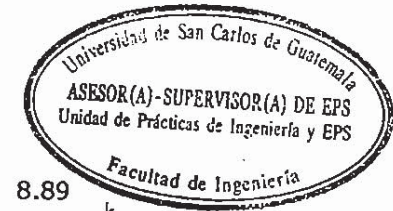


NOTA: DISTANCIA TOTAL DE LA E-12 A E-23 ES DE 348.02 ML.
EL TERRENO CONSTA CON UNA PENDIENTE DE 0.58 %

| | |
|--|---|
| | MURO ASHURADO A MEJORAR CON UNA LONGITUD DE 32.50 ML. |
| | COTA DE TERRENO |
| | ESTACIÓN |
| | NIVEL DE LECHOTOMA |
| | MURO ASHURADO A MEJORAR COMPLETO 27.00 ML. |

PLANTA DE LINEA DE CONDUCCIÓN POR CANAL ABIERTO

ESCALA: 1/500



PERFIL DE TOMA

ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/500

| | | | |
|---|--|--|--|
| | | USAC INGENIERIA CIVIL E.P.S. | |
| AMPLIACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE, DE RÍO OCOSITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU. | | | |
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | LOCALIDAD INDICADA | |
| CONTENIDO: PLANTA DE LINEA DE CONDUCCIÓN POR TOMA DESDE CAPTACIÓN EN RÍO OCOSITO HASTA INTERSECCIÓN CON RÍO TZIJUNÁ | | FECHA: JUNIO 2011 TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTÍNEZ C. | |
| DISEÑADA: ADRIANA MARTÍNEZ C. | | ALCALDE: [] | |
| CALCULADA: ADRIANA MARTÍNEZ C. | | NO APLICA | |
| VERIFICADA: ADRIANA MARTÍNEZ C. | | ESTADISTAS: [] | |
| | | | |
| | | 4 / 19 | |



Construcción de muros en ambos lados completo

E-23
C=797.72
94.72

Vivienda Existente

Cafetales

Cafetales

Cafetales

Caudal 196 L/s

Sifón

VER DETALLE DE PASOS TRANSVERSALES

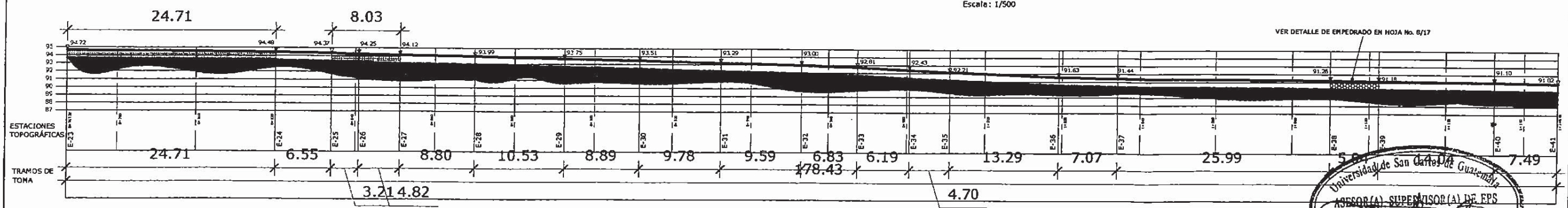
E-41
1+148.40
91.02

PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR CANAL ABIERTO

Escala: 1/500

NOTA: DISTANCIA TOTAL DE LA E-23 A E-41 ES DE 381.26 ML.
EL TERRENO CONSTA CON UNA PENDIENTE DE 0.97 %

| | |
|---|---|
| ▼ | COTA DE TERRENO |
| ● | ESTACIÓN |
| — | NIVEL DE LECHOTOMA |
| ▨ | MURO ASHURADO A MEJORAR COMPLETO 87.10 ML. |



PERFIL DE TOMA

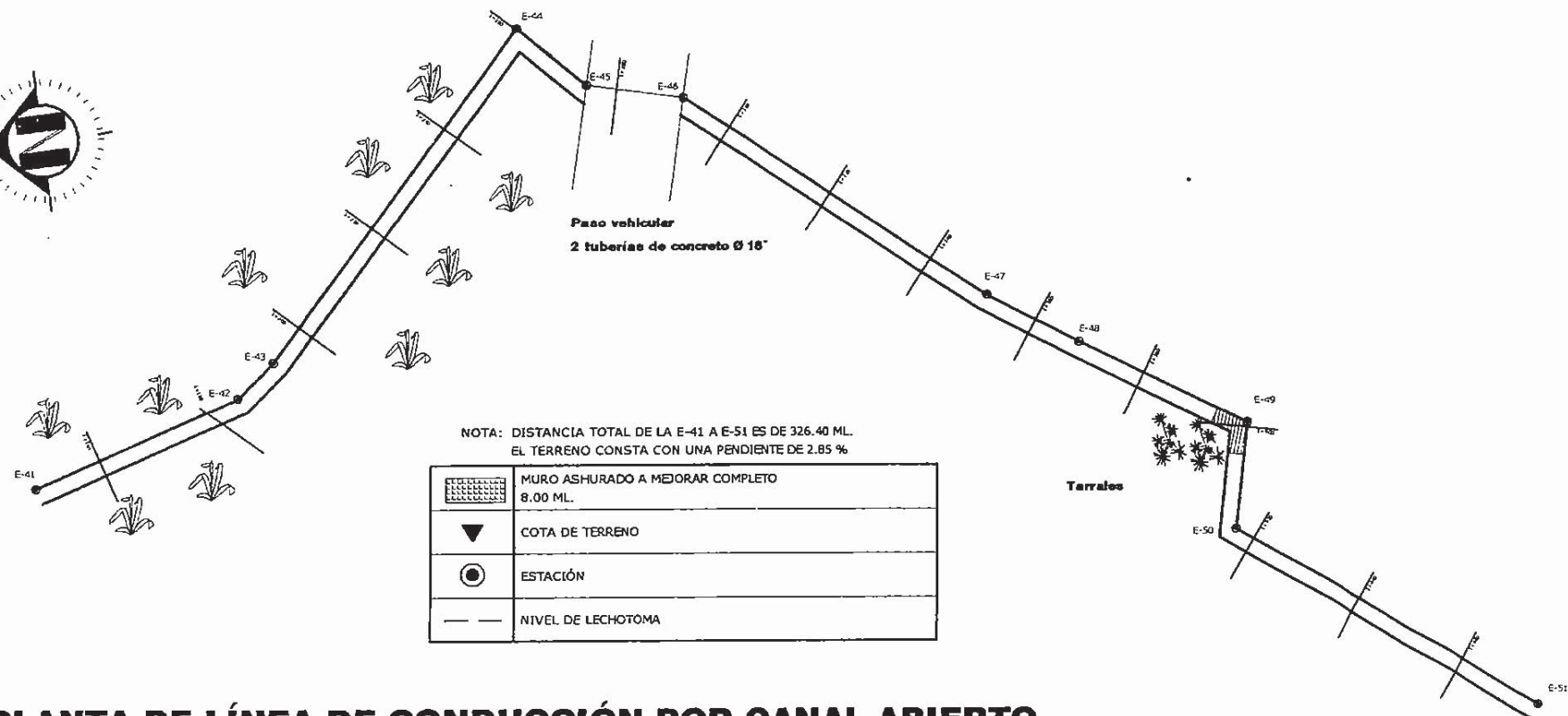
ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/500

Universidad de San Carlos de Guatemala
asesor(a) SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



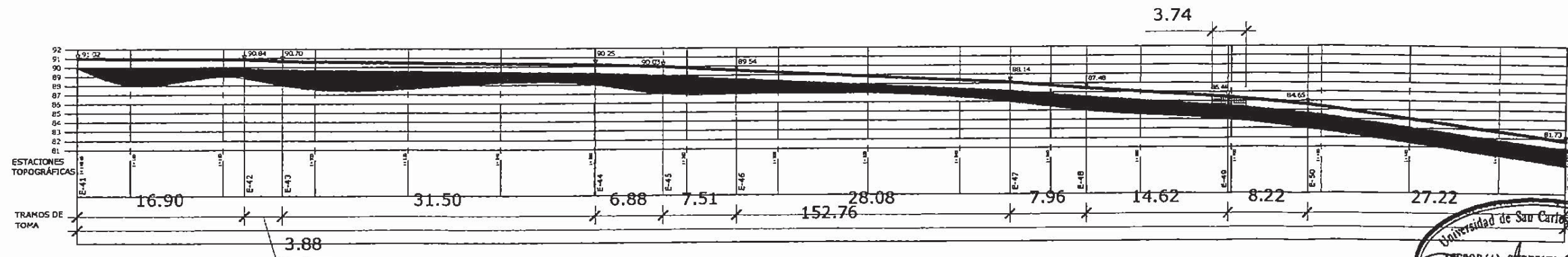
AMPLIACIÓN PROYECTO DE AGUA POTABLE, DE RÍO OCOBITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU.

| | | | |
|-----------------|-----------------------------|------------------------------|---|
| UNIDAD E ACCIÓN | MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | FECHA INDICADA | JUNIO 2011 |
| COORDINADOR | | PROYECTO | PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR TOMA DESDE CAPTACIÓN EN RÍO OCOBITO HASTA INTERSECCIÓN CON RÍO TZJUNÁ |
| PROYECTISTA | ADRIANA MARTÍNEZ C. | ALCALDE | ADRIANA MARTÍNEZ C. |
| REVISOR | ADRIANA MARTÍNEZ C. | SECRETARÍA DE ADMINISTRACIÓN | |
| APROBADO | ADRIANA MARTÍNEZ C. | | |
| | | | 5 19 |



PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR CANAL ABIERTO

Escala: 1/500

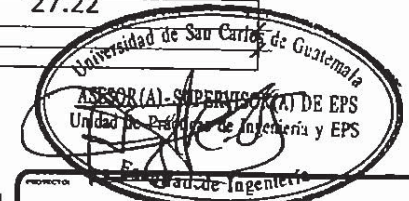


PERFIL DE TOMA

ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/500



USAC
INGENIERIA CIVIL
E.P.S.

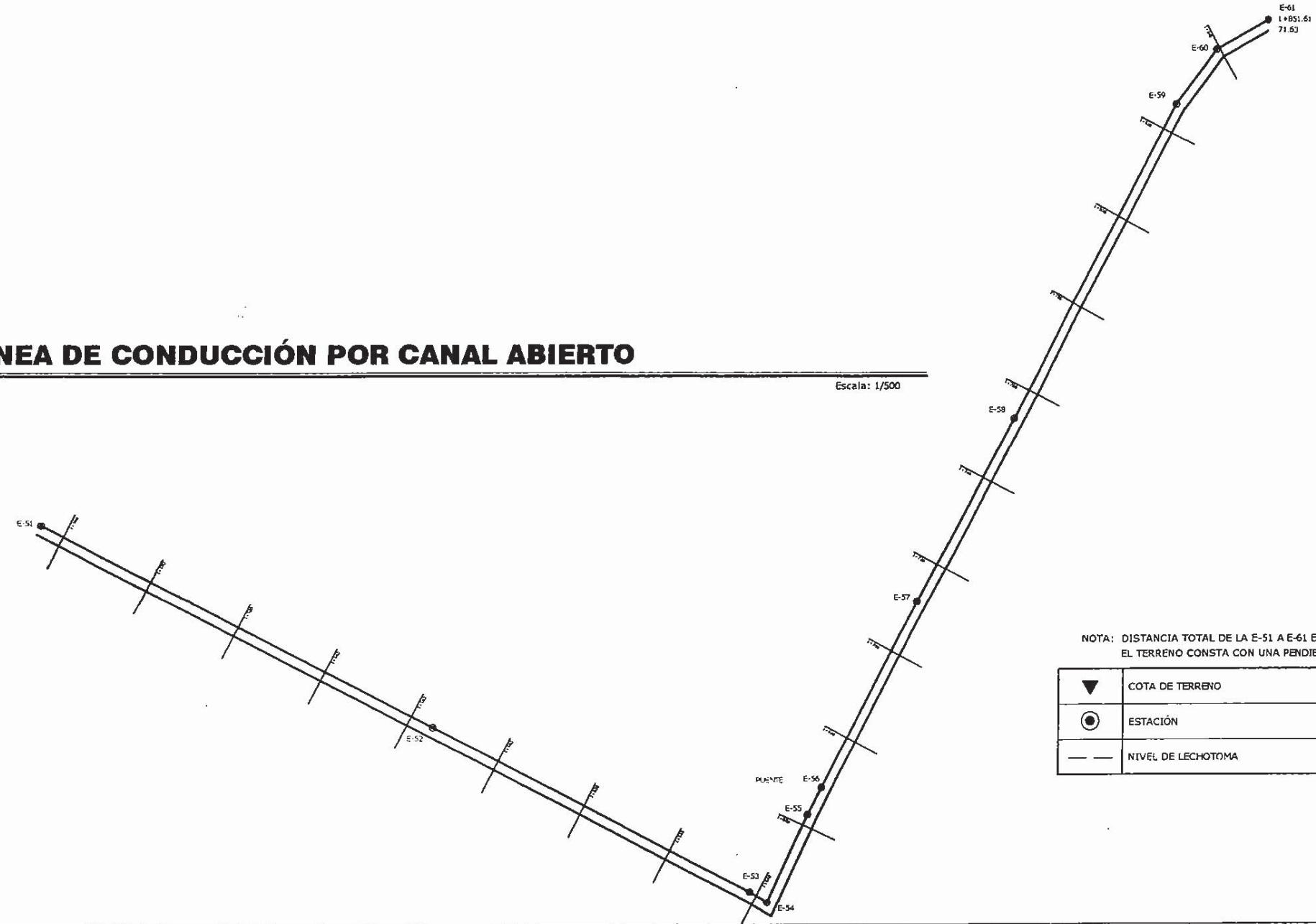


| | | | |
|---|--|------------------------------------|--|
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | INICIADA | |
| CONTENIDO: PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR TOMA DIRECTA DE CAPTACIÓN EN RÍO OCOBITO HASTA INTERSECCIÓN CON RÍO TZELINÁ | | FECHA: JUNIO 2011 | |
| DISEÑADA: ADRIANA MARTÍNEZ C. | | TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTÍNEZ C. | |
| ELABORADA: ADRIANA MARTÍNEZ C. | | HOJA NO: 6 / 19 | |



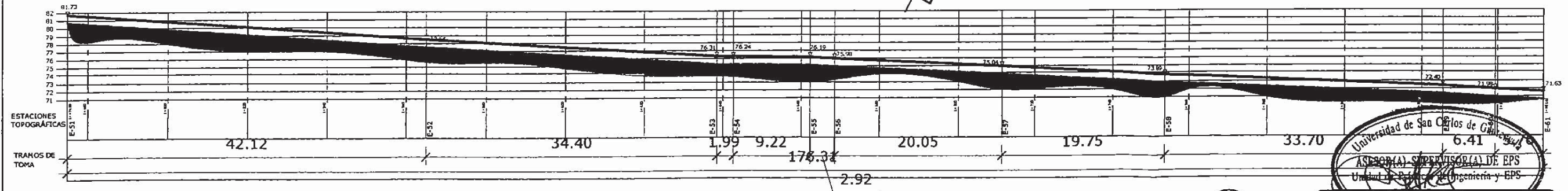
PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR CANAL ABIERTO

Escala: 1/500



NOTA: DISTANCIA TOTAL DE LA E-51 A E-61 ES DE 376.73 ML.
EL TERRENO CONSTA CON UNA PENDIENTE DE 2.68 %

| | |
|-----|--------------------|
| ▼ | COTA DE TERRENO |
| ● | ESTACIÓN |
| --- | NIVEL DE LECHOTOMA |



PERFIL DE TOMA

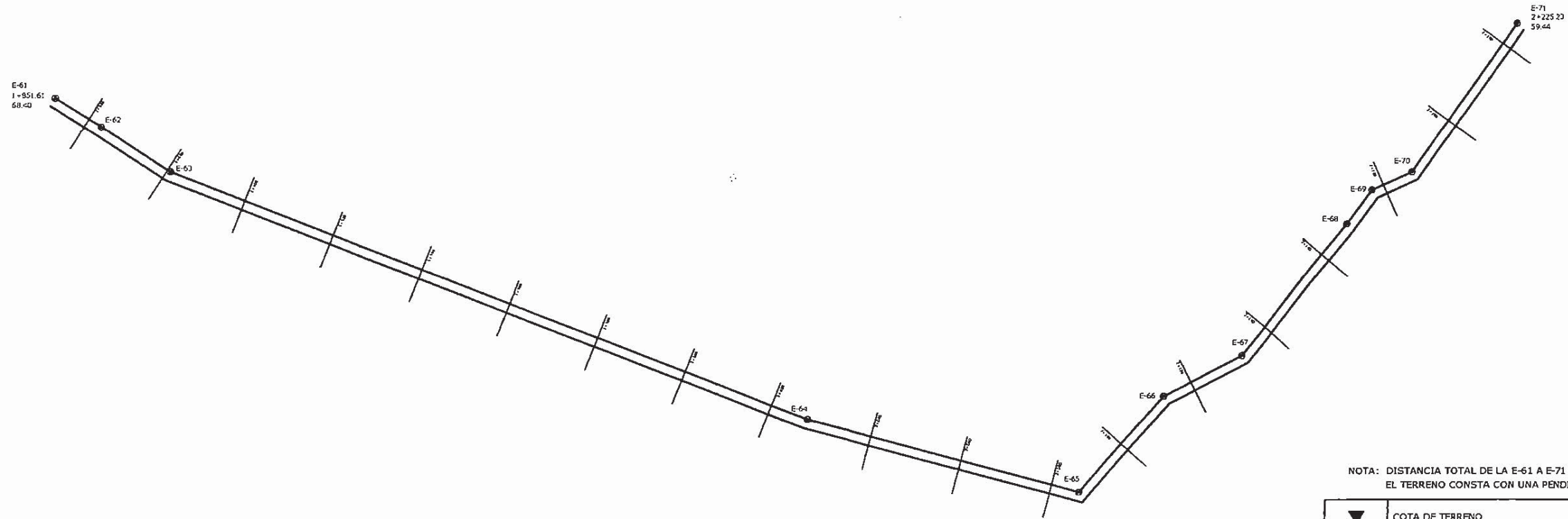
ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/500



UNAC
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE GUATEMALA

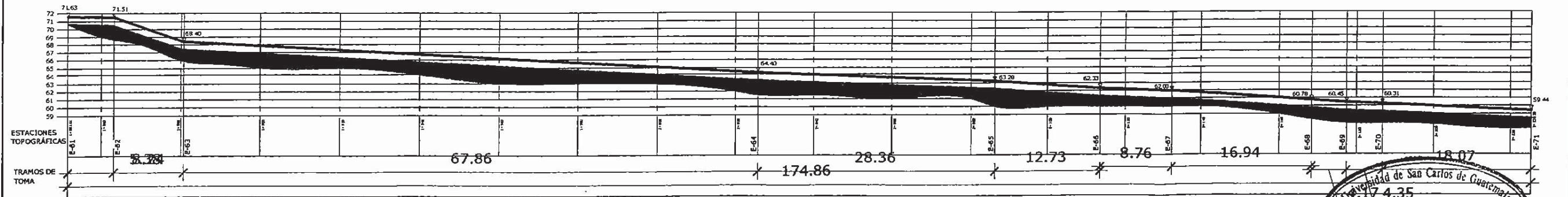


| | | |
|--|-------------------------------|----------------------------------|
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | FECHA INICIADA |
| CONTENIDO: PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR TOMA DESDE LA CAPTACIÓN EN RÍO OCCIDENTE HASTA INTERSECCIÓN CON RÍO TZURUNÁ | | FECHA JUNIO 2011 |
| PROYECTISTA: ADREANA MARTINEZ C. | REVISOR: ADREANA MARTINEZ C. | PROYECTISTA: ADREANA MARTINEZ C. |
| ELABORADO: ADREANA MARTINEZ C. | REVISADO: ADREANA MARTINEZ C. | NO. DE HOJA 7 |
| APROBADO: ADREANA MARTINEZ C. | REVISADO: ADREANA MARTINEZ C. | TOTAL DE HOJAS 19 |



NOTA: DISTANCIA TOTAL DE LA E-61 A E-71 ES DE 373.62 ML.
EL TERRENO CONSTA CON UNA PENDIENTE DE 3.26 %

| | |
|-----|--------------------|
| ▼ | COTA DE TERRENO |
| ⊙ | ESTACIÓN |
| — — | NIVEL DE LECHOTOMA |



PERFIL DE TOMA

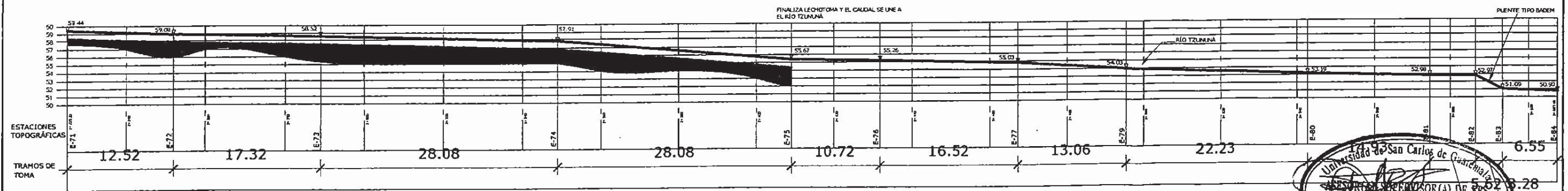
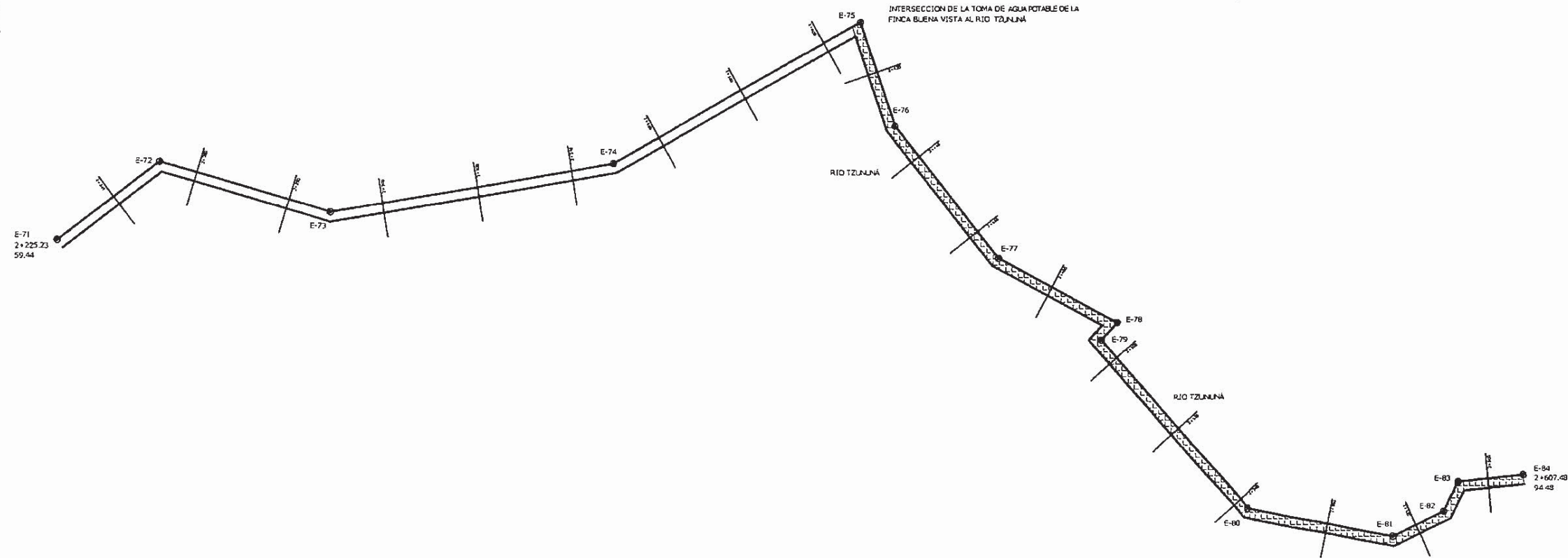
ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/500



URAC
INGENIERIA CIVIL
E.P.S.

Universidad de San Carlos de Guatemala
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ASESORÍA - SUPERVISIÓN DE OBRAS
Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS
FEDERACIÓN DE ESTUDIANTES DE INGENIERIA CIVIL
DE RÍO OCOSITO HACIA AREA DE FASES I Y II
RETALHULEU, RETALHULEU.

| | | |
|-----------------------------|---|------------------------------------|
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | INDICADA |
| CONTRATO | PLANTA DE LÍNEA DE CONDICIÓN POR TOMA DESDE CAPTACIÓN EN RÍO OCOSITO HASTA INTERSECCIÓN CON RÍO TZINUNÁ | FECHA JUNIO 2011 |
| DISEÑO | ADRIANA MARTINEZ C. | TOMOGRÁFICA ADRIANA MARTINEZ C. |
| CÁLCULO | ADRIANA MARTINEZ C. | ESCALA 8/19 |
| OPORTUNIDAD | ADRIANA MARTINEZ C. | ESPESOR DE APROXIMACIONES |

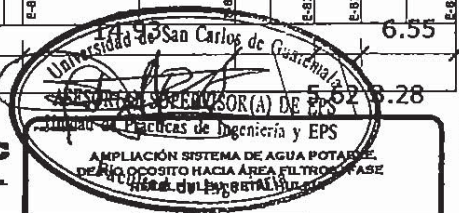


PERFIL DE TOMA

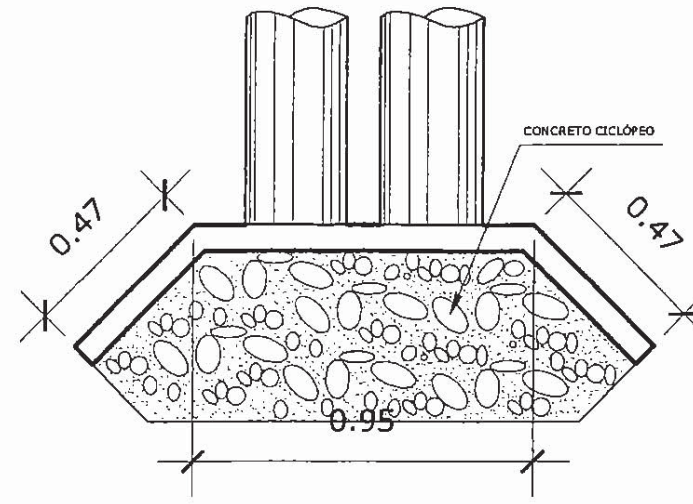
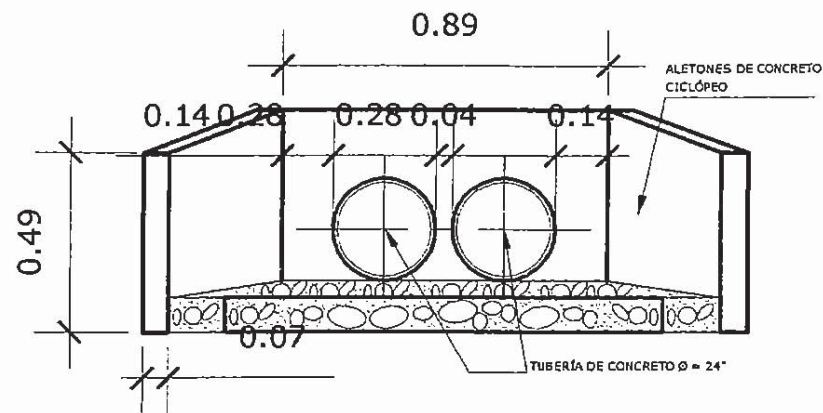
ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/500



UNAC
INGENIERIA CIVIL
E.P.S.

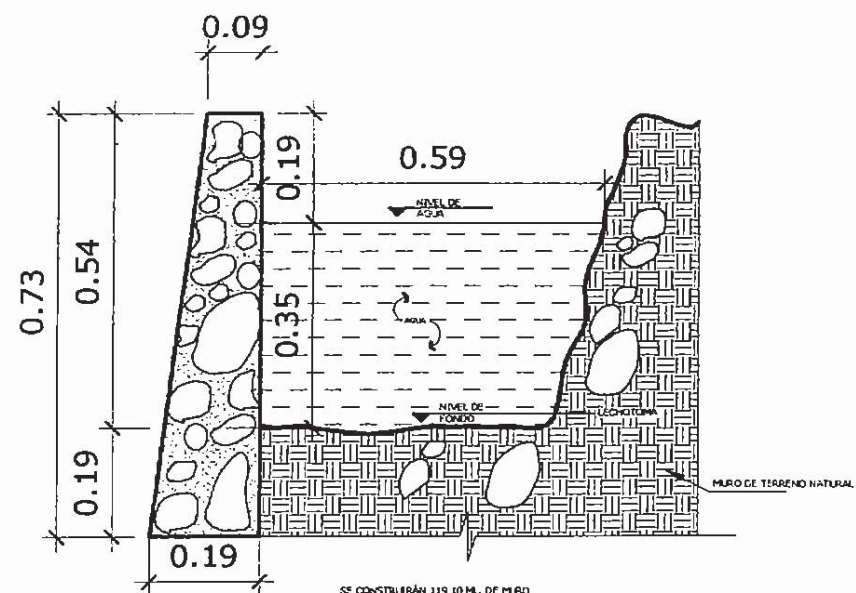
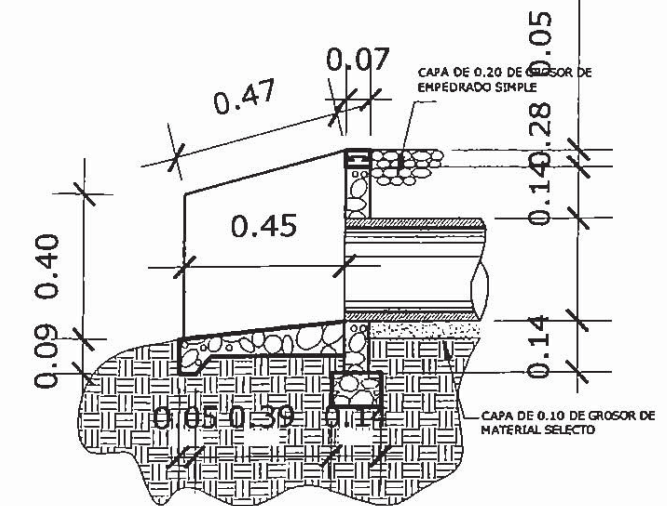


| | | | | | |
|------------------|---|-----------------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| UNIDAD EJECUTORA | | MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | ESCALA | INDICADA |
| CONTENIDO | PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR TOMA, DESDE CAPTACIÓN EN RÍO OCCOBITO HASTA INTERSECCIÓN CON RÍO TZJUNUNA | | | FECHA | JUNIO 2011 |
| DISEÑADA | ADRIANA MARTÍNEZ C. | PROYECTADA POR | ADRIANA MARTÍNEZ C. | TIPO DE PLANTA | ADRIANA MARTÍNEZ C. |
| CALCULADA | ADRIANA MARTÍNEZ C. | ALCALDE VERIFICADO | | NO APLICA | |
| REVISADA | ADRIANA MARTÍNEZ C. | INFORME A APROBACIÓN | | 9 | 19 |

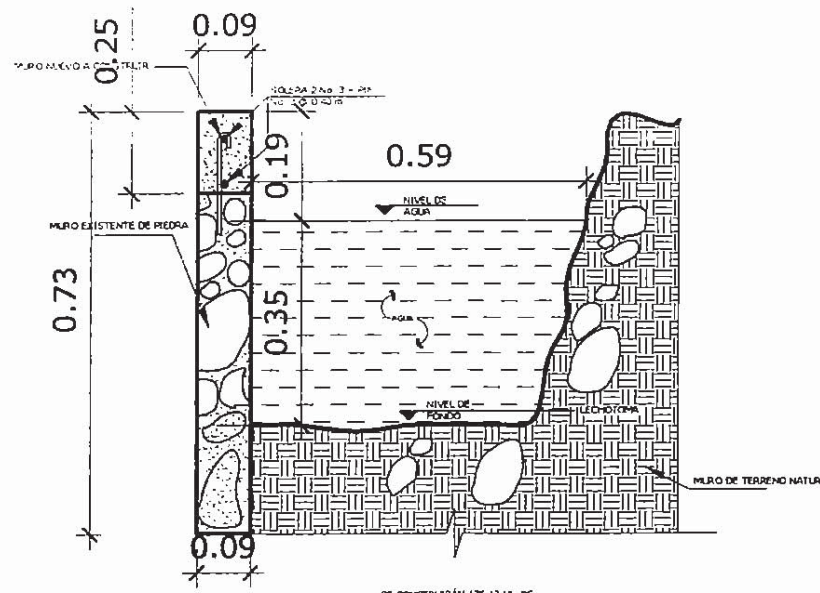


DETALLE PASO TRANSVERSAL

Escala: 1/20



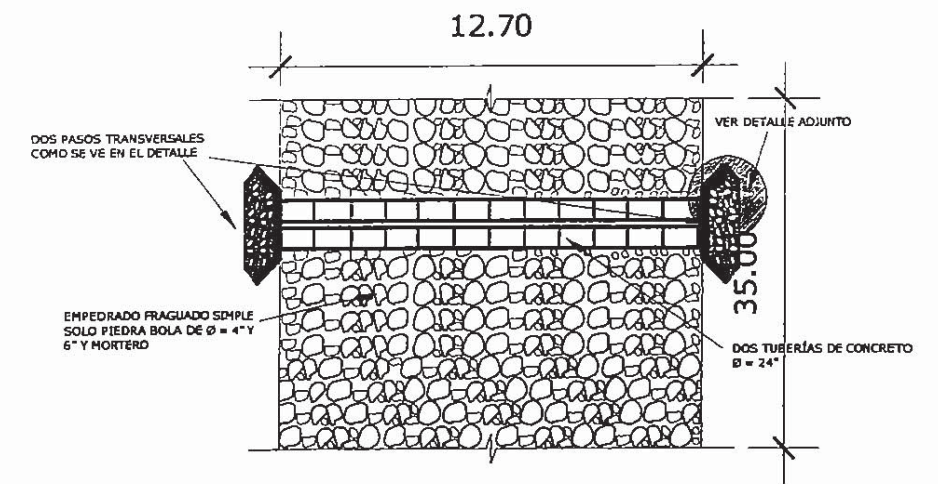
SE CONSTRUIRÁN 119.10 ML. DE MURO COMPLETO CON CONCRETO CICLOPEO EN DONDE EL MORTERO A USAR TENGA UNA PROPORCIÓN DE 1:3



SE CONSTRUIRÁN 136.17 ML. DE MURO SOBRE MURO EXISTENTE PARA EVITAR EL REBALSE DEL CAUDAL
SE HARÁ DE CONCRETO REFORZADO PNEADO No. 3 CON UNA PROPORCIÓN DE 1:3:4

Sección Transversal de Canal Abierto

Escala: 1/12.5



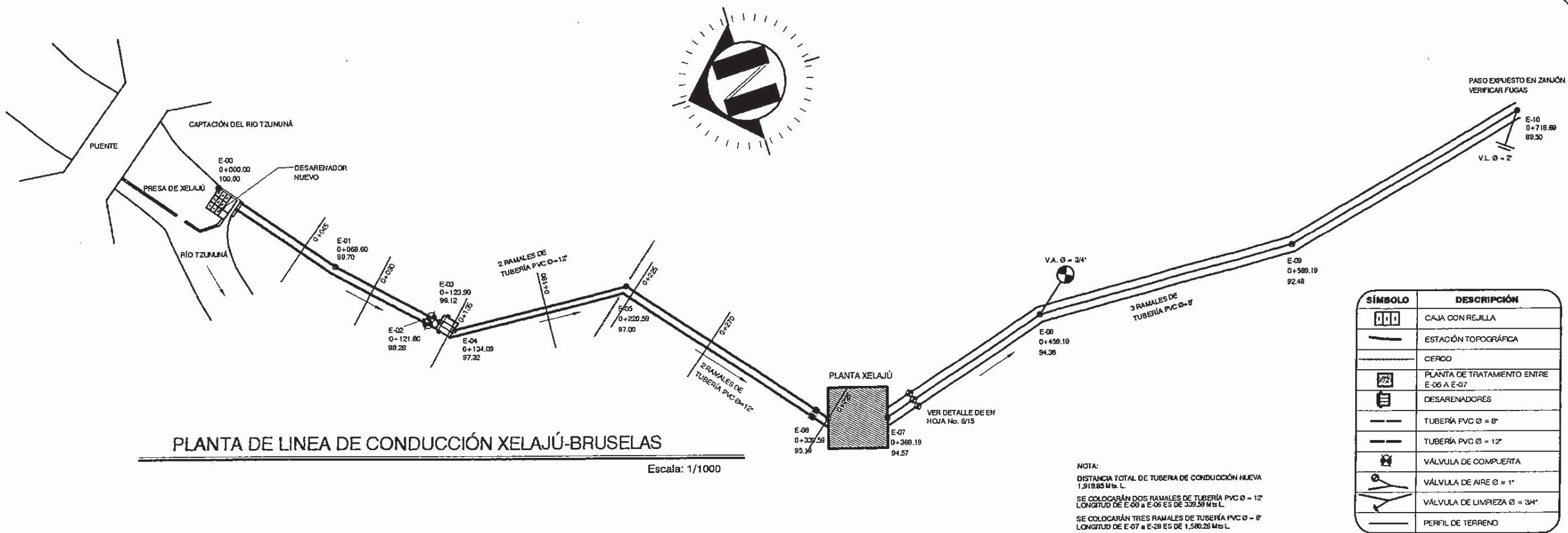
DETALLE DE EMPEDRADO ENTRE E-38 a E-39

Escala: 1/100



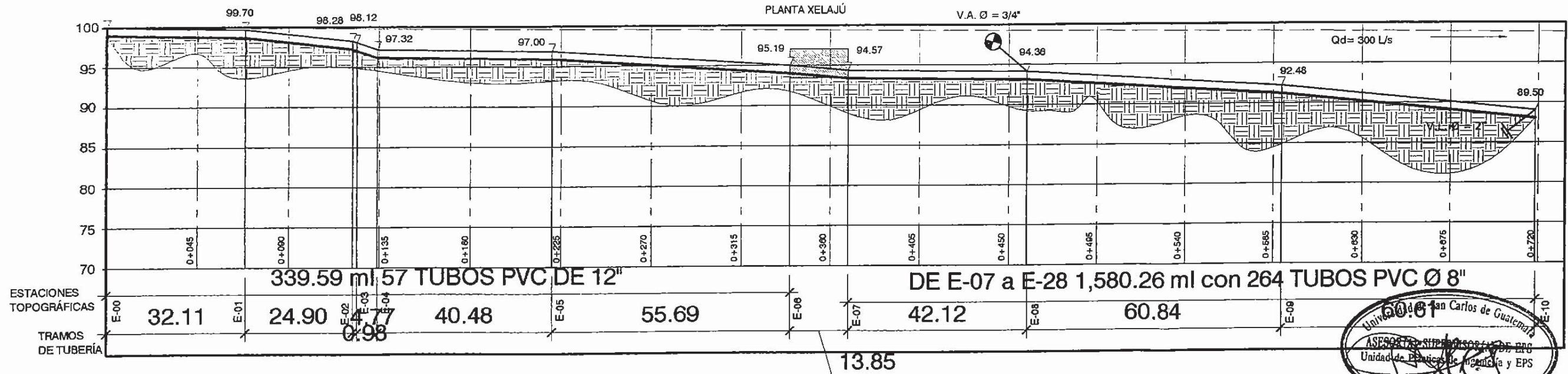
ASESORÍA SUPERVISORA DE AGUA POTABLE DE RÍO OCOSITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU.

| | | | |
|---------------------|---|------------------|---------------------|
| UNIDAD E INGENIERIA | MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA | INDICADA |
| CONTENIDO | DETALLE DE PASO TRANSVERSAL + EMPEDRADO FRAGUADO ENTRE ESTACIÓN E38 A E39 | FECHA | JUNIO 2011 |
| DISEÑADA POR | ADRIANA MARTINEZ C. | PROYECTADA POR | ADRIANA MARTINEZ C. |
| VALIDADA POR | ADRIANA MARTINEZ C. | FECHA DE EMISIÓN | 10/19 |
| APROBADA POR | ADRIANA MARTINEZ C. | | |



PLANTA DE LINEA DE CONDUCCIÓN XELAJÚ-BRUSELAS

Escala: 1/1000



PERFIL DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

Universidad San Carlos de Guatemala
ASESORÍA SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Planificación, Ingeniería y EPS

Facultad de Ingeniería

PROYECTO: AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DE RÍO OCCO SITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU.

MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU

INGENIERA CIVIL E.P.S. UBAC

PLANTA DE LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR TUBERÍA PVC DESDE EL EMBALSE DE XELAJÚ HASTA PLANTA DE DESINFECCIÓN EN BRUSELAS

ADRIANA MARTÍNEZ C.

ADRIANA MARTÍNEZ C.

ADRIANA MARTÍNEZ C.

ADRIANA MARTÍNEZ C.

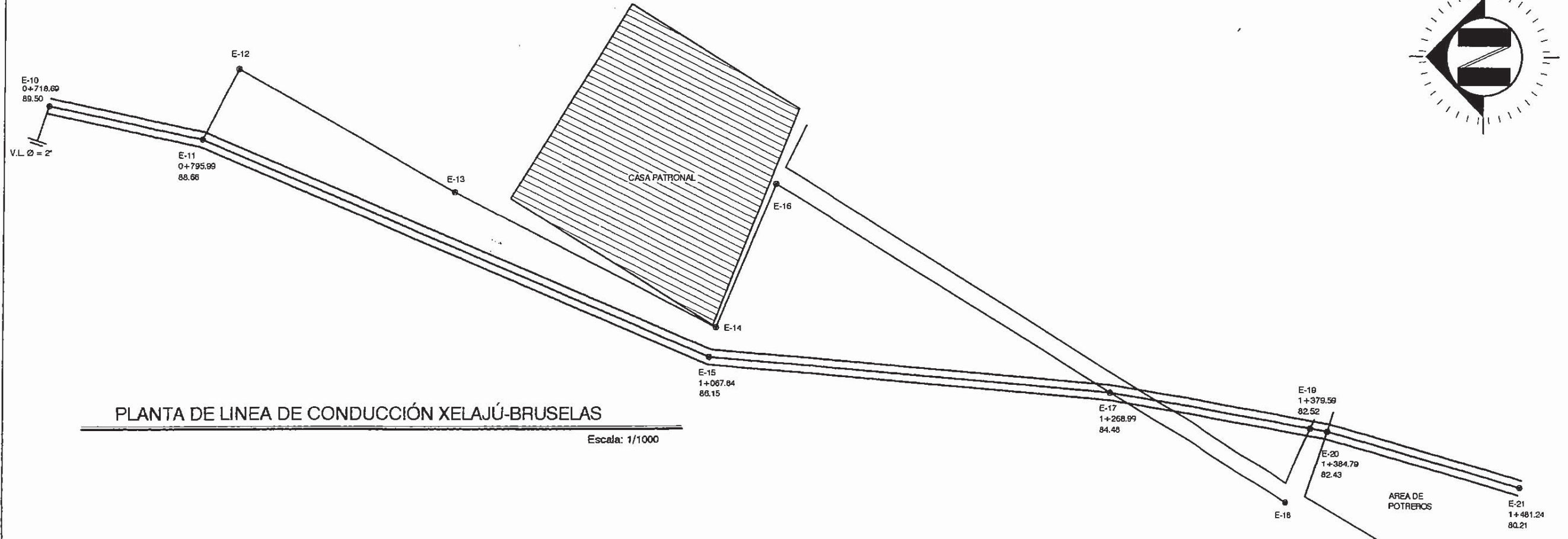
INGENIERA CIVIL

INSCADA

JUNIO 2011

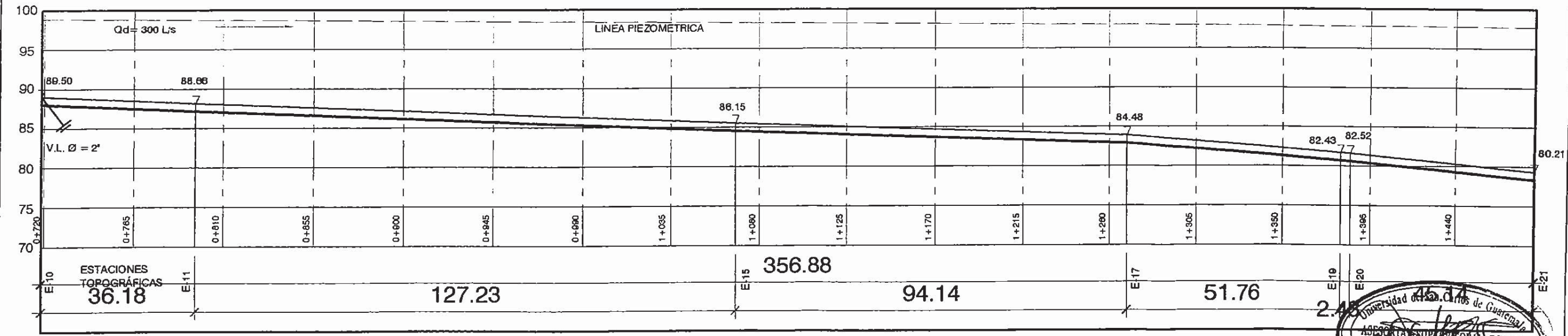
ADRIANA MARTÍNEZ C.

11 / 19




PLANTA DE LINEA DE CONDUCCIÓN XELAJÚ-BRUSELAS

Escala: 1/1000

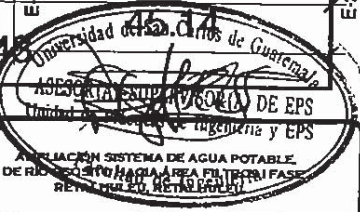


PERFIL DE LINEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/1000



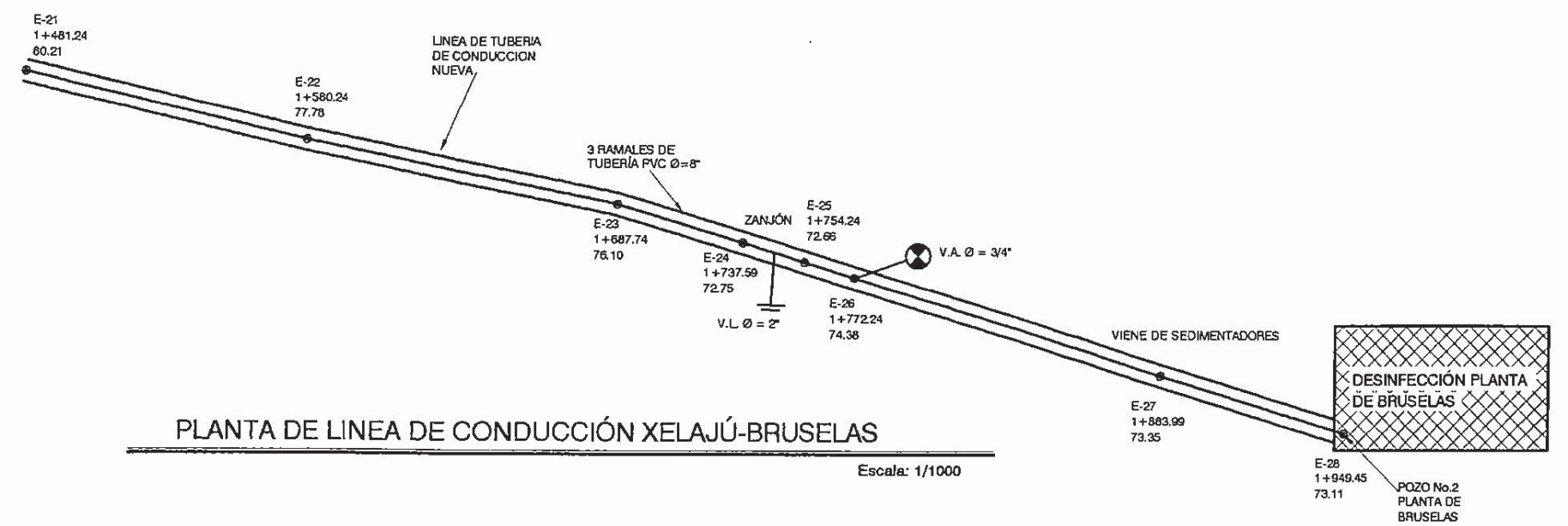
USAC
MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ASOCIACIÓN ESTUDIANTIL DE EPS
UNIDAD DE INGENIERIA Y EPS

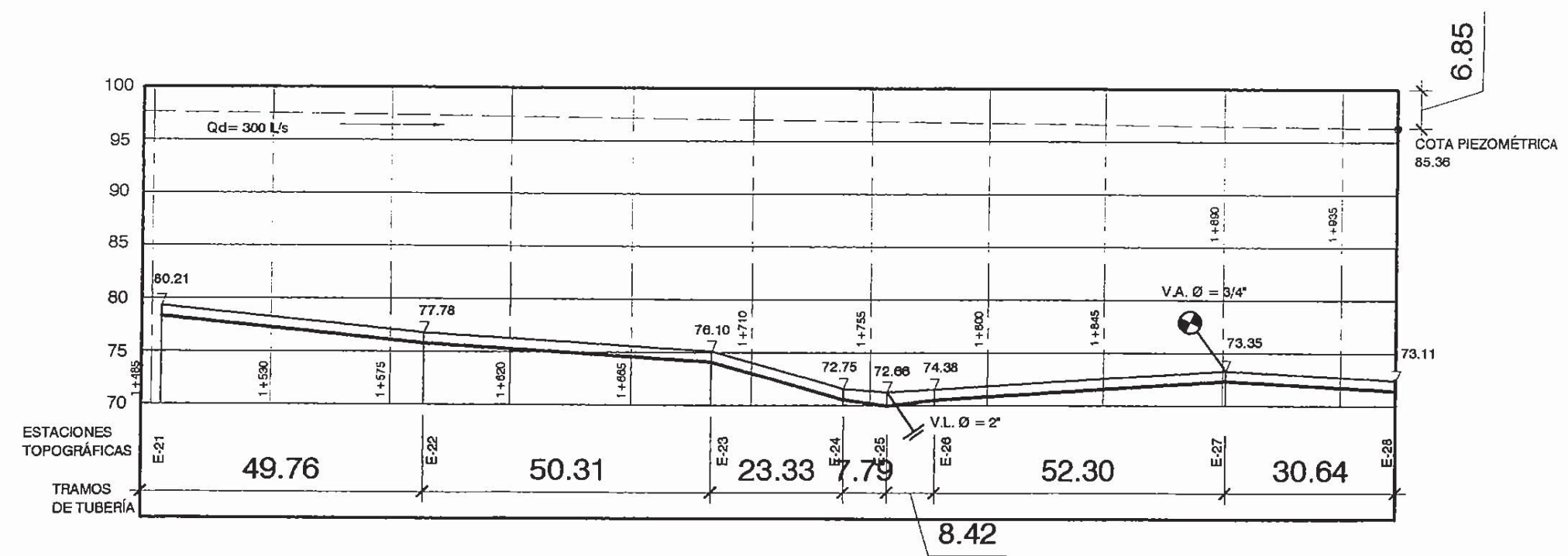
PROYECTO: AMPLIACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE DE RETALHULEU HACIA AREA FILTRORA FASE RETALHULEU, RETALHULEU

| | |
|--|---|
| PLANTA DE LINEA DE CONDUCCIÓN POR TUBERÍA PVC DESDE EL EMBALE DE XELAJÚ HASTA PLANTA DE DESINFECCIÓN EN BRUSELAS | INGENIERO EN CARGO: ADRIANA MARTINEZ C. INGENIERO EN CARGO: ADRIANA MARTINEZ C. INGENIERO EN CARGO: ADRIANA MARTINEZ C. |
| FECHA: JUNIO 2011 HOJA: 12 / 19 | ESCALA: INDEFINIDA |



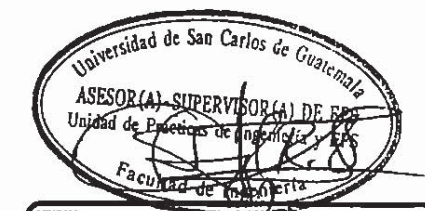
PLANTA DE LINEA DE CONDUCCION XELAJÚ-BRUSELAS

Escala: 1/1000

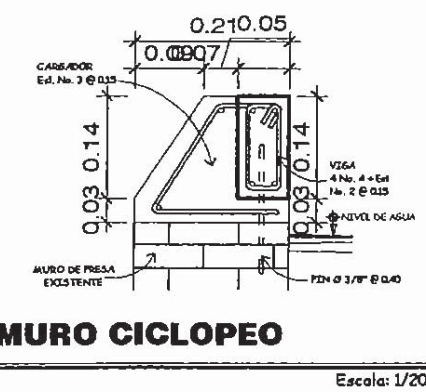
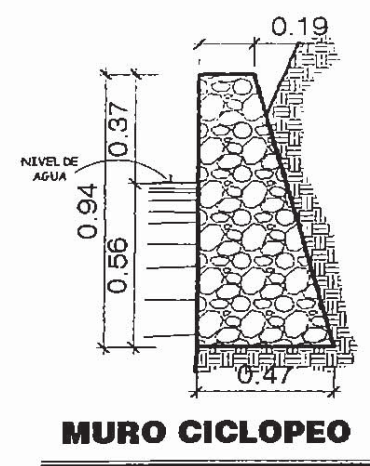
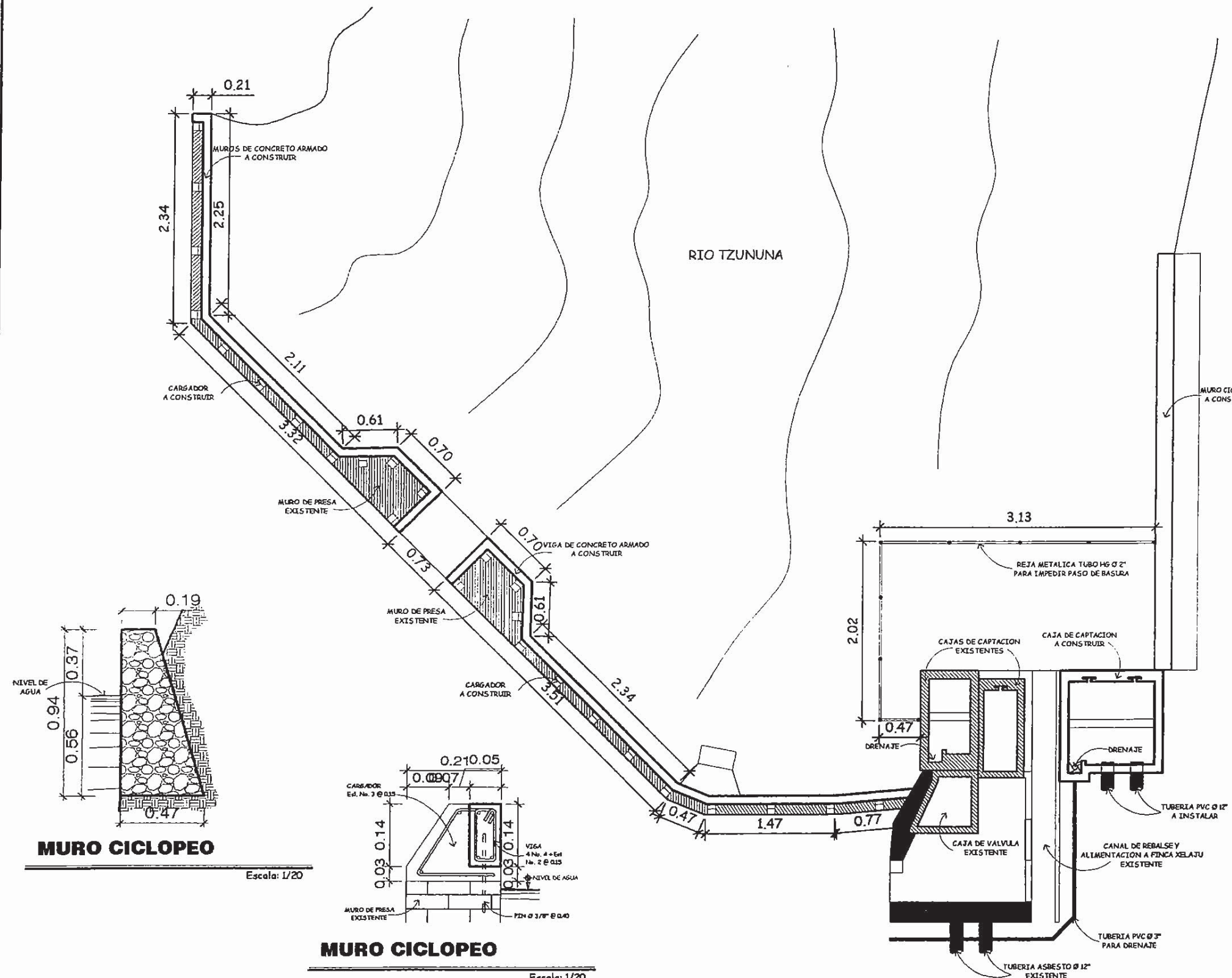


PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION

ESCALA VERTICAL: 1/250
ESCALA HORIZONTAL: 1/1000

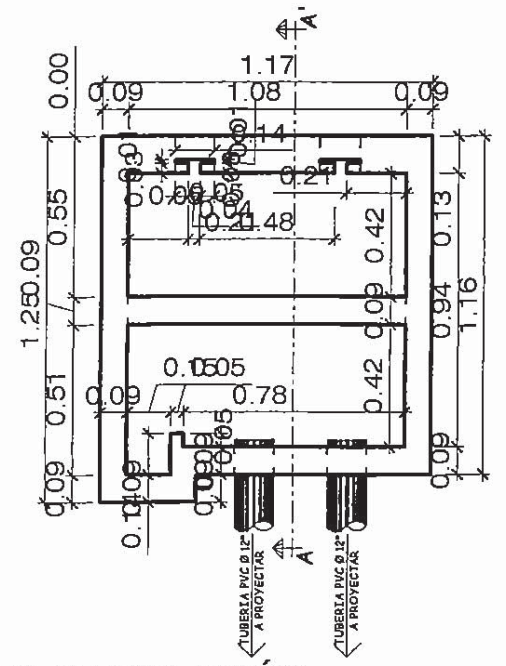


| | | | |
|---|--|--|--|
| | | PROYECTO: AMPLIACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE, DE RÍO OCOSITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU. | |
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | ESCALA: 1/1000 | |
| CONSTRUIDO POR: PLANTA DE LINEA DE CONDUCCION POR TUBERIA PVC DESDE EL ENBALSE DE XELAJU HASTA PLANTA DE DESINFECCION EN BRUSELAS | | FECHA: JUNIO 2011 | |
| DISEÑADA POR: ADRIANA MARTINEZ C. | | TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C. | |
| ELABORADA POR: ADRIANA MARTINEZ C. | | NO. DE HOJA: 13 / 19 | |
| PROYECTADA POR: ADRIANA MARTINEZ C. | | ESPECIFICACIONES: (Empty field) | |



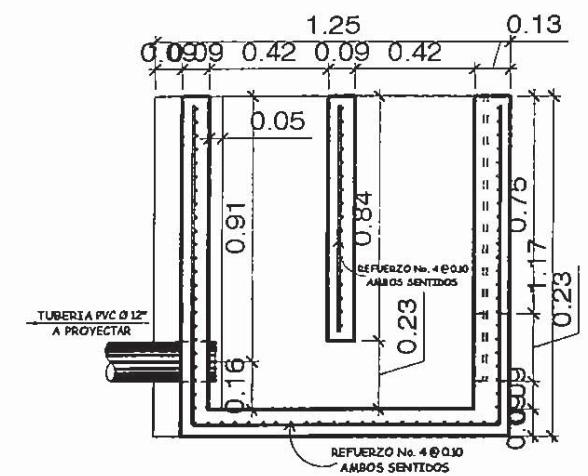
PLANTA DE PRESA XELAJU, VIGA DE CONCRETO Y CAJA DE CAPTACION DE AGUA

Escala: 1/50



CAJA DE CAPTACION

Escala: 1/25



SECCION A-A'

Escala: 1/25

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS

FACULTAD DE INGENIERIA

UBAG

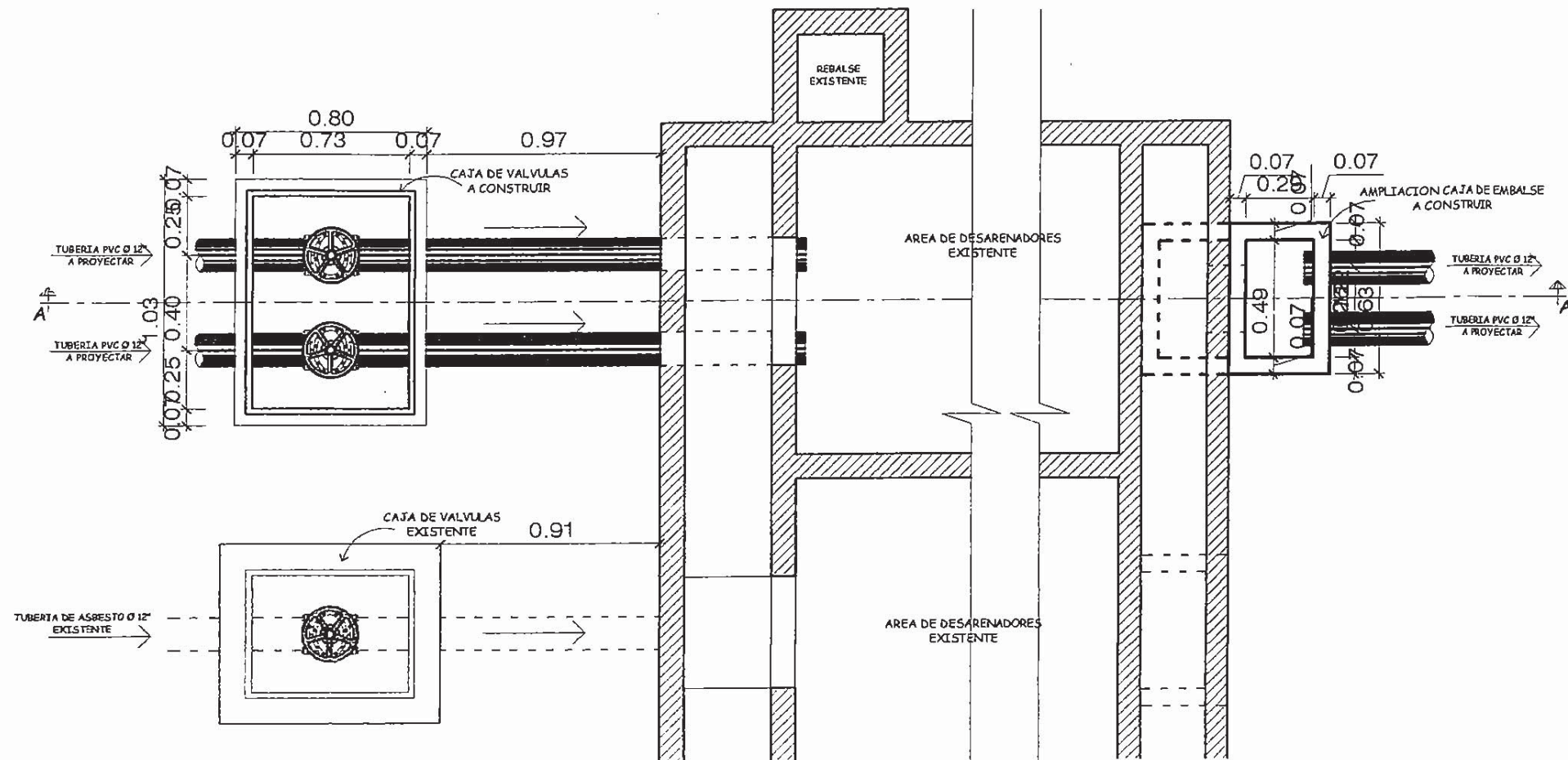
INGENIERIA CIVIL

E.P.S.

PROYECTO

AMPLIACION SISTEMA DE AGUA POTABLE, DE RIO OCOYITO HACIA AREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU.

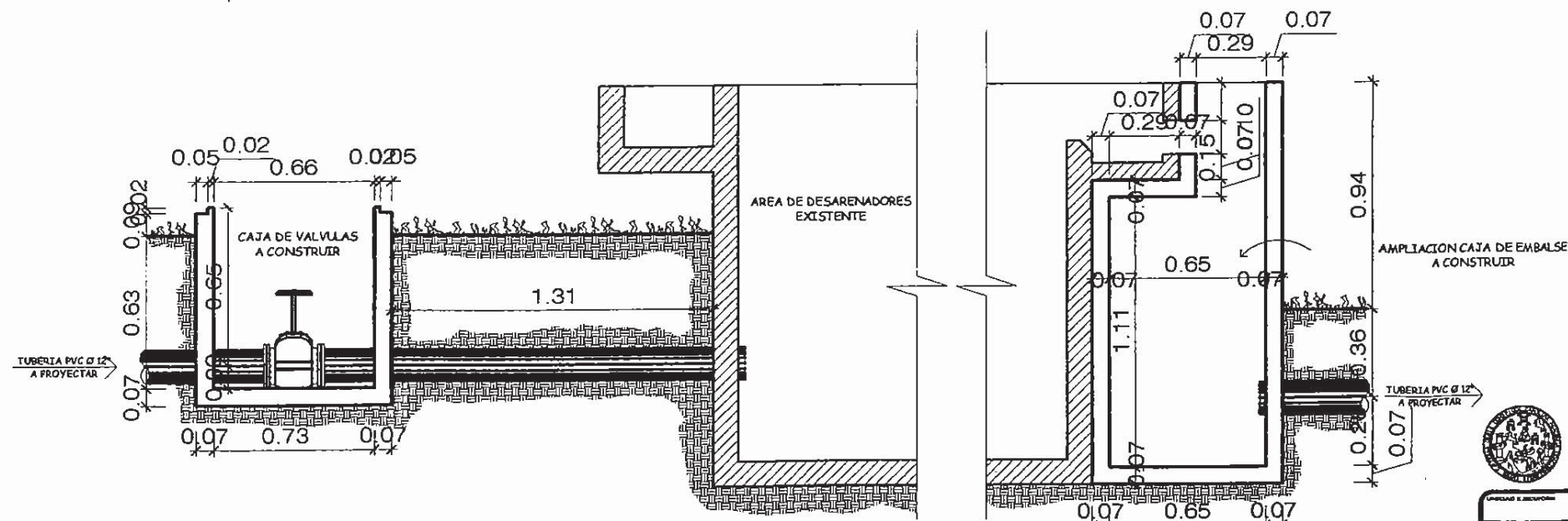
| | | |
|--|---|---|
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU PRESA XELAJU Y CAJA DE CAPTACION + DETALLES | ESCALA: INDEXADA FECHA: JUNIO 2011 TITULO: ADRIANA MARTINEZ C. 14 / 19 | INGENIERO ASESORADO INGENIERO ASESORADO INGENIERO ASESORADO |
|--|---|---|



CAJA VÁLVULAS DE COMPUERTA Y AMPLIACIÓN CAJA DE REBALSE

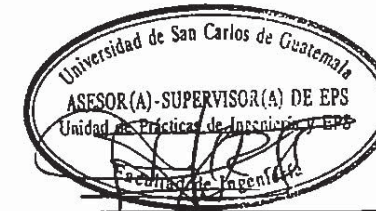
DESARENADOR

Escala: 1/25

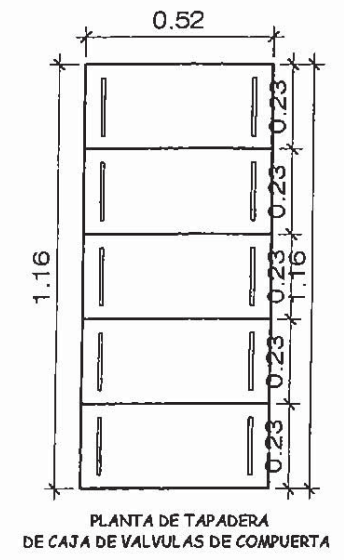
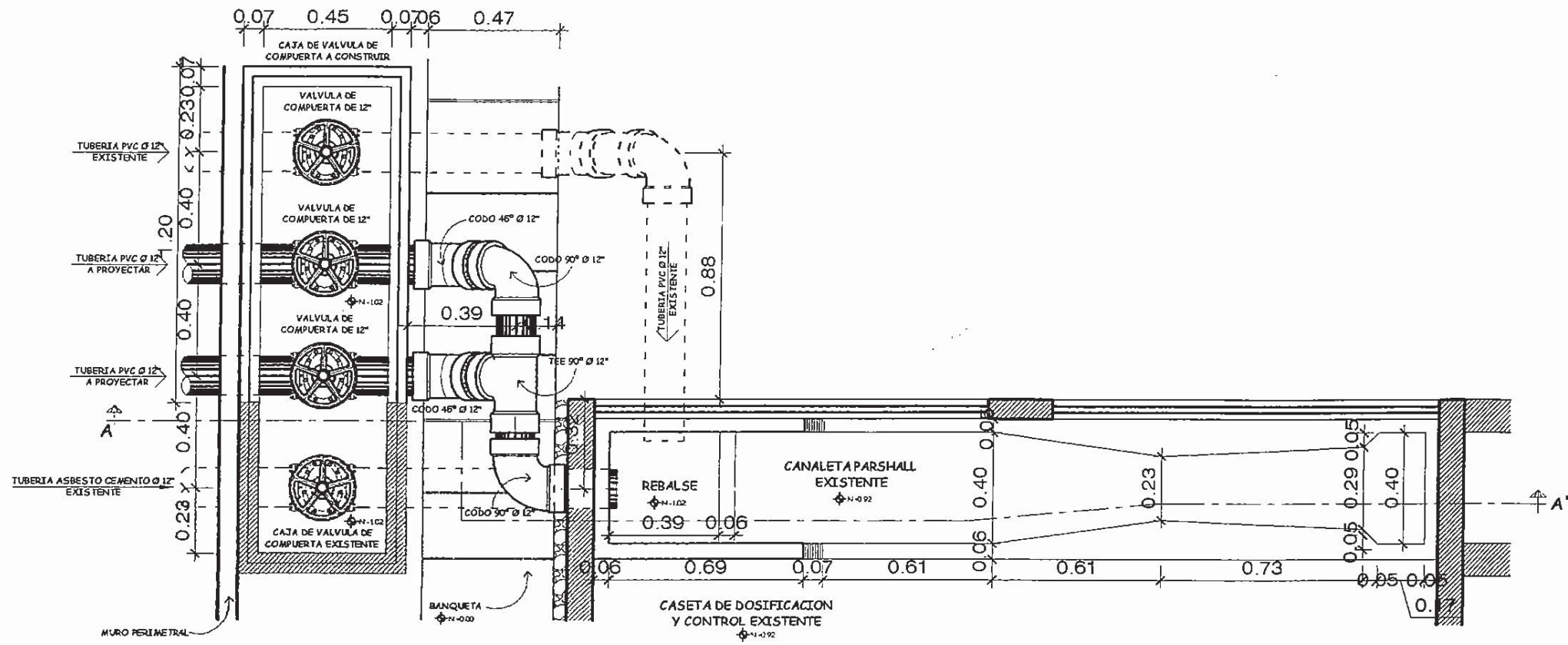


SECCIÓN A - A'

Escala: 1/25

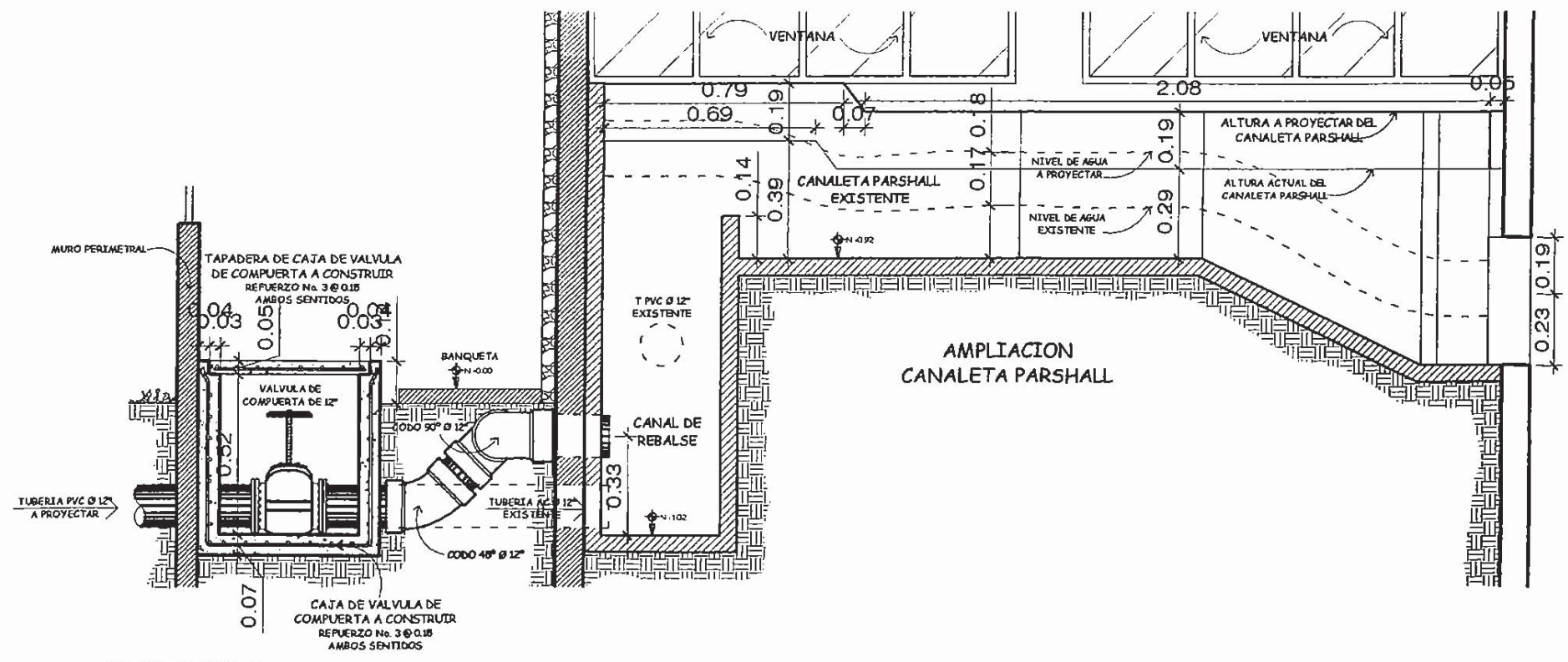


| | | | |
|--|-------------------------------------|--|--|
| | | PROYECTO: AMPLIACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE, DE RÍO OCOSITO HANSA AREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU. | |
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | INDICADA | JUNIO 2011 | TITULADORA ADRIANA MARTÍNEZ C. |
| CAJA DE VALVULAS Y AMPLIACION CAJA DE EMBALSE EN DESARENADOR | NO BARRIO | 15 | 19 |
| DISEÑADA POR: ADRIANA M. MARTÍNEZ C. | DISEÑADO POR: ALICIA DE LOS RÍOS | DISEÑADO POR: AYO, IVO VIRILIA | DISEÑADO POR: ESPERANZA A. BARRALCAYUEN |



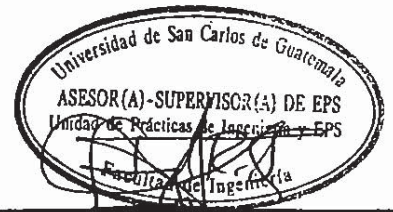
CAJA DE VÁLVULAS DE COMPUERTA Y CONEXIÓN DE TUBERIA A CANALETA PARSHALL

Escala: 1/20

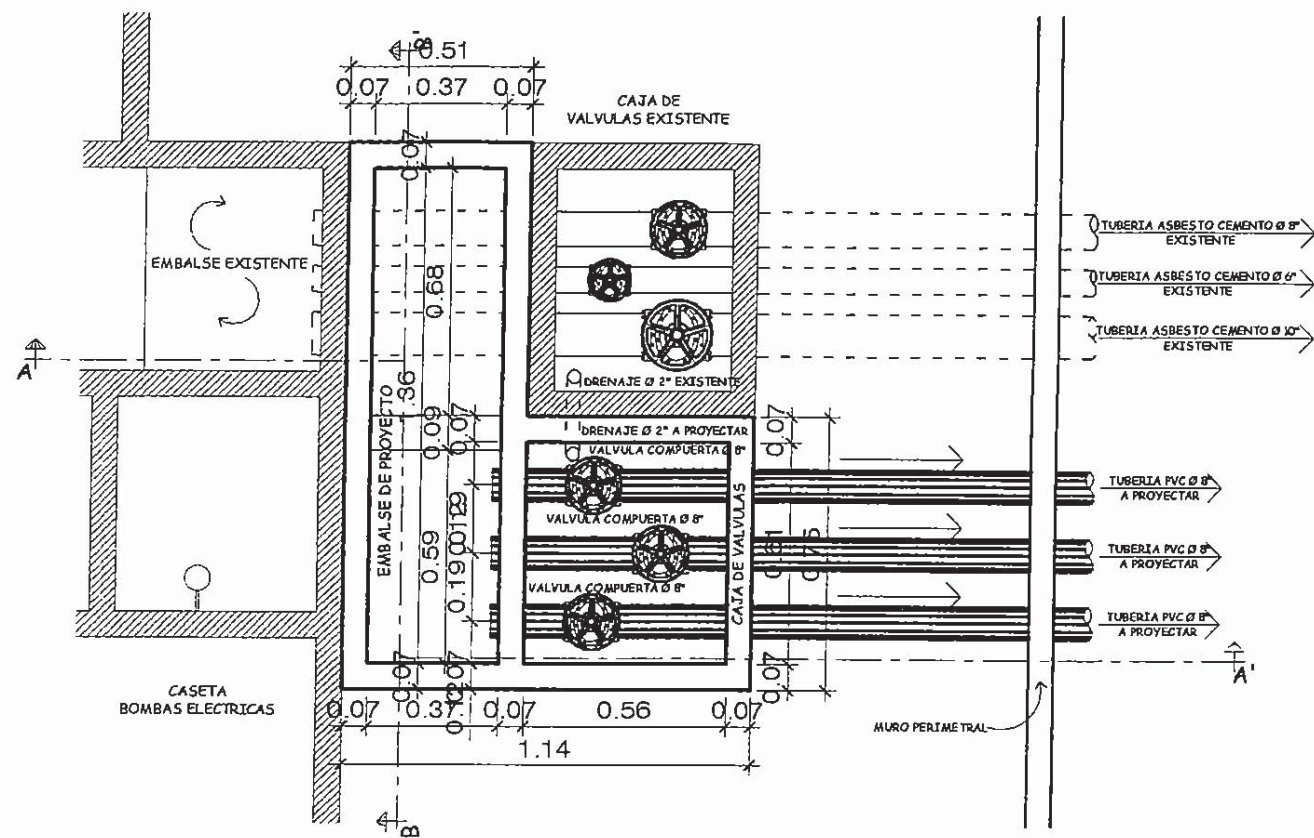


SECCION A - A'

Escala: 1/20

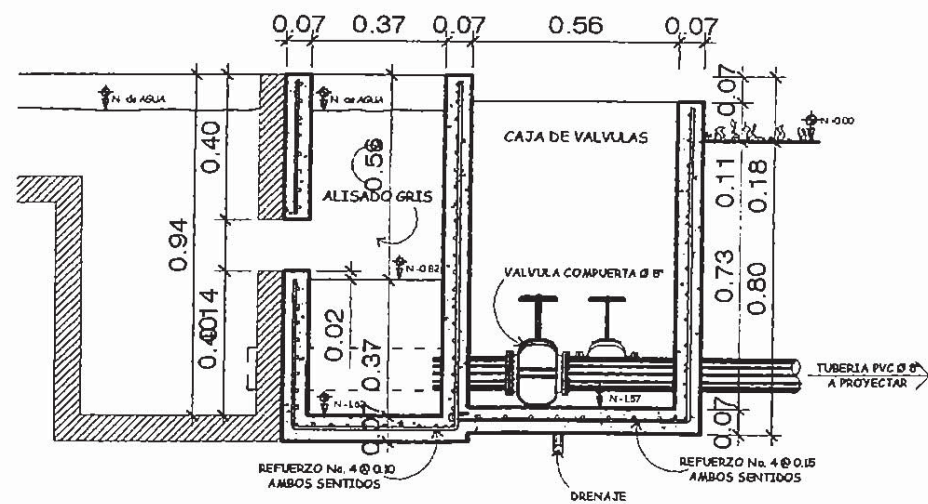


| | | | |
|---|---|--|---|
| <p>UBAC INGENIERIA CIVIL E.P.S.</p> | | <p>PROYECTO: AMPLIACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE, DE RÍO OCOBITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU.</p> | |
| | | <p>UNIDAD Y RECIBO: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU</p> | <p>ESCALA: INDICADA</p> |
| <p>COMPONENTE: CAJA DE VALVULAS Y CONEXIÓN DE TUBERIA A CANALETA PARSHALL.</p> | | <p>FECHA: JUNIO 2011</p> | <p>TOPÓGRAFO: ADRIANA MARTÍNEZ C.</p> |
| <p>DISEÑADA: ADRIANA M. MARTÍNEZ</p> | <p>ELABORADA: ADRIANA M. MARTÍNEZ</p> | <p>NO. DE PLANOS: 16</p> | <p>PÁGINA: 19</p> |
| <p>PROYECTO: ARG. NO. 0011</p> | | <p>ESPECIALIDAD: INGENIERIA CIVIL</p> | |



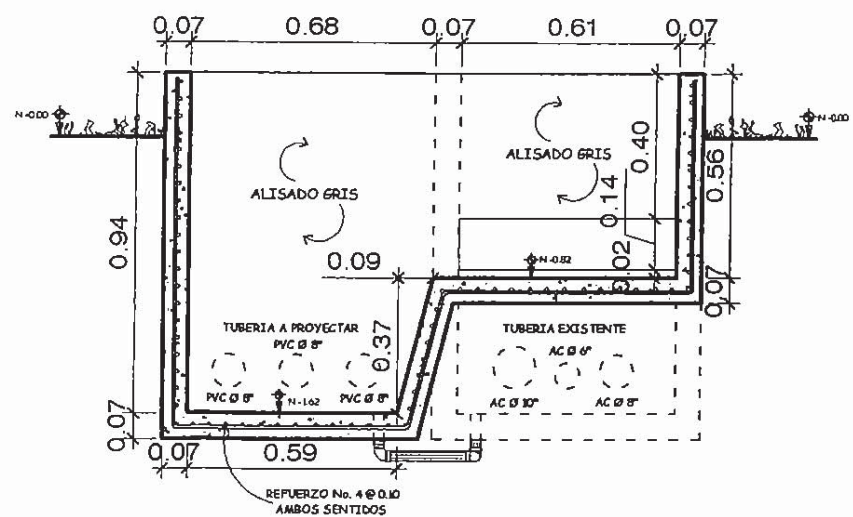
CAJA VÁLVULAS DE COMPUERTA
SALIDA PLANTA XELAJU A PLANTA BRUSELAS

Escala: 1/20



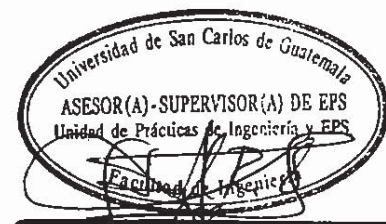
SECCIÓN A - A'

Escala: 1/20

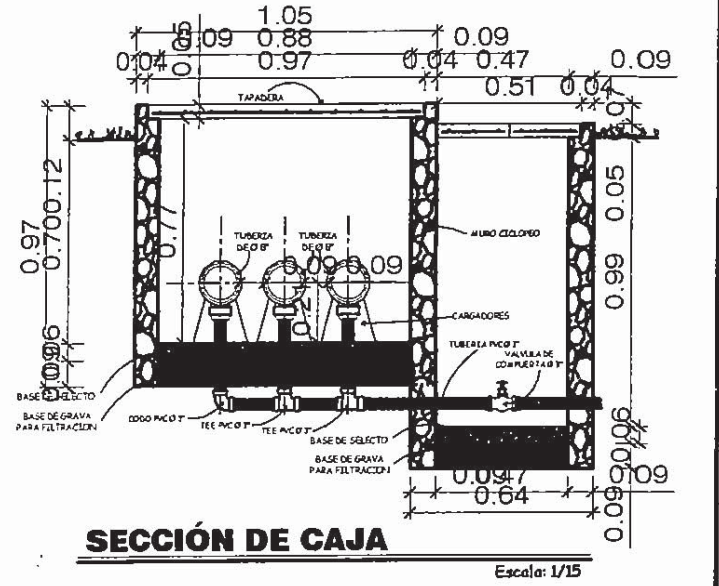
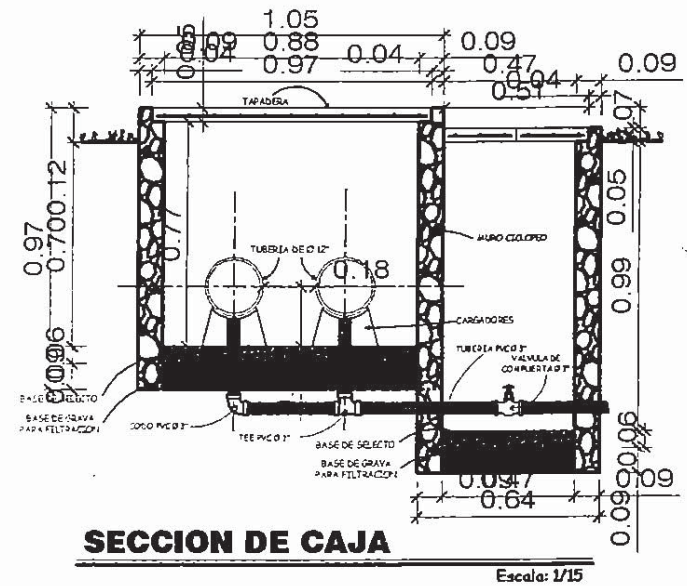
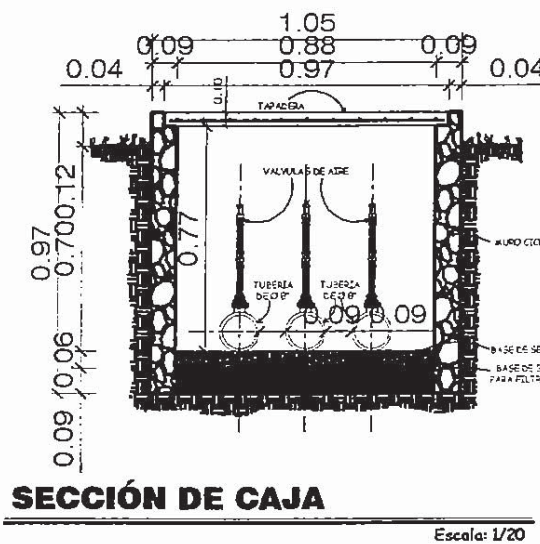
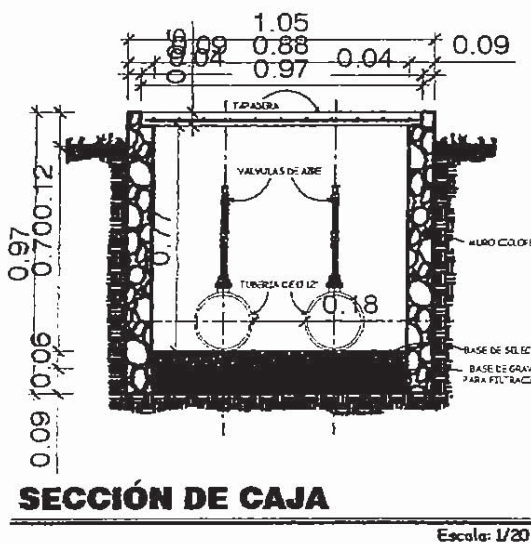
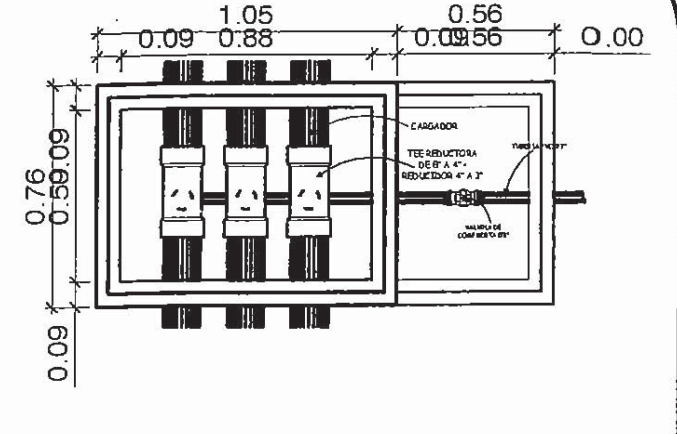
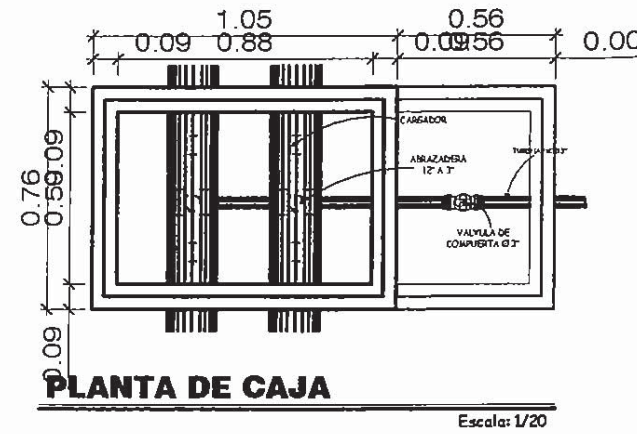
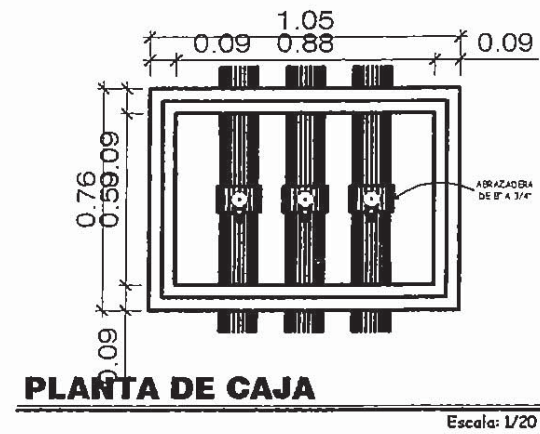
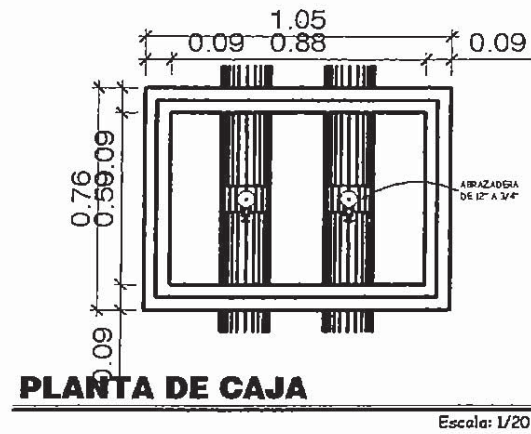


SECCIÓN B - B'

Escala: 1/20

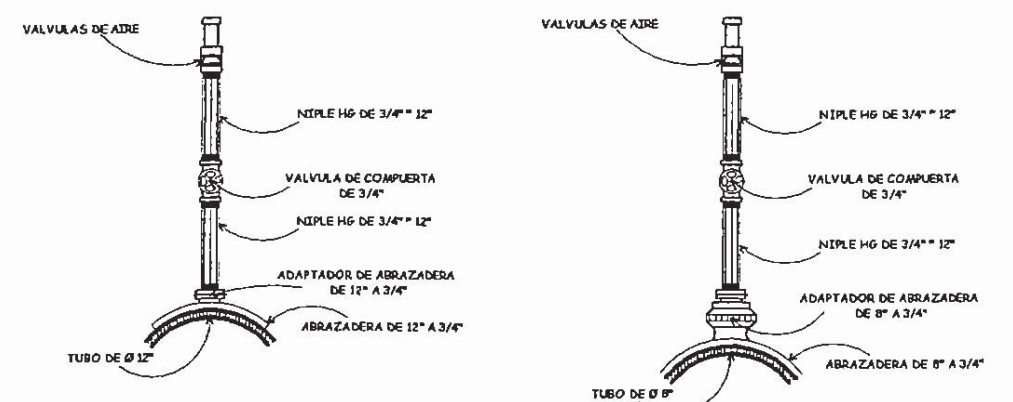


| | | | |
|--|--------------------------------|---|------------|
| | | PROYECTO: AMPLIACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE DE RÍO OCOSITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU. | |
| MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | INGENIERO CIVIL E.P.S. | INGENIERO ENRIQUE GARCÍA | JUNIO 2011 |
| CAJA DE VALVULAS PLANTA XELAJU A PLANTA BRUSELAS | 01) ADRIANA M. MARTÍNEZ 02) | TOPOGRAFISTA ADRIANA MARTÍNEZ C. | 17 19 |
| DISEÑADA: ADRIANA M. MARTÍNEZ CALCULADA: ADRIANA M. MARTÍNEZ VERIFICADA: ADRIANA M. MARTÍNEZ | 03) | 04) | 05) |



DETALLE DE CAJAS DE VÁLVULAS DE AIRE

Escala: Indicada

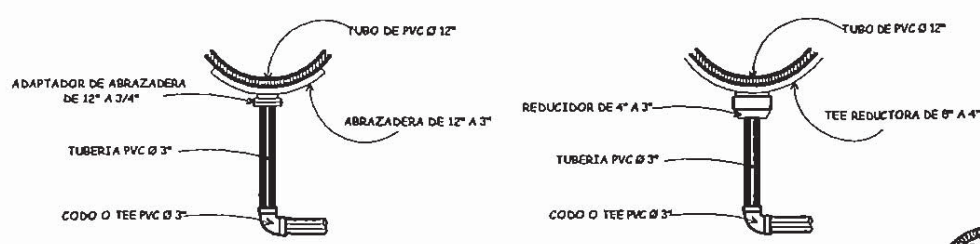


DETALLE DE VALVULAS DE AIRE

Sin Escala

DETALLE DE CAJAS DE VALVULAS DE LIMPIEZA

Escala: Indicada



DETALLE DE VÁLVULAS DE LIMPIEZA

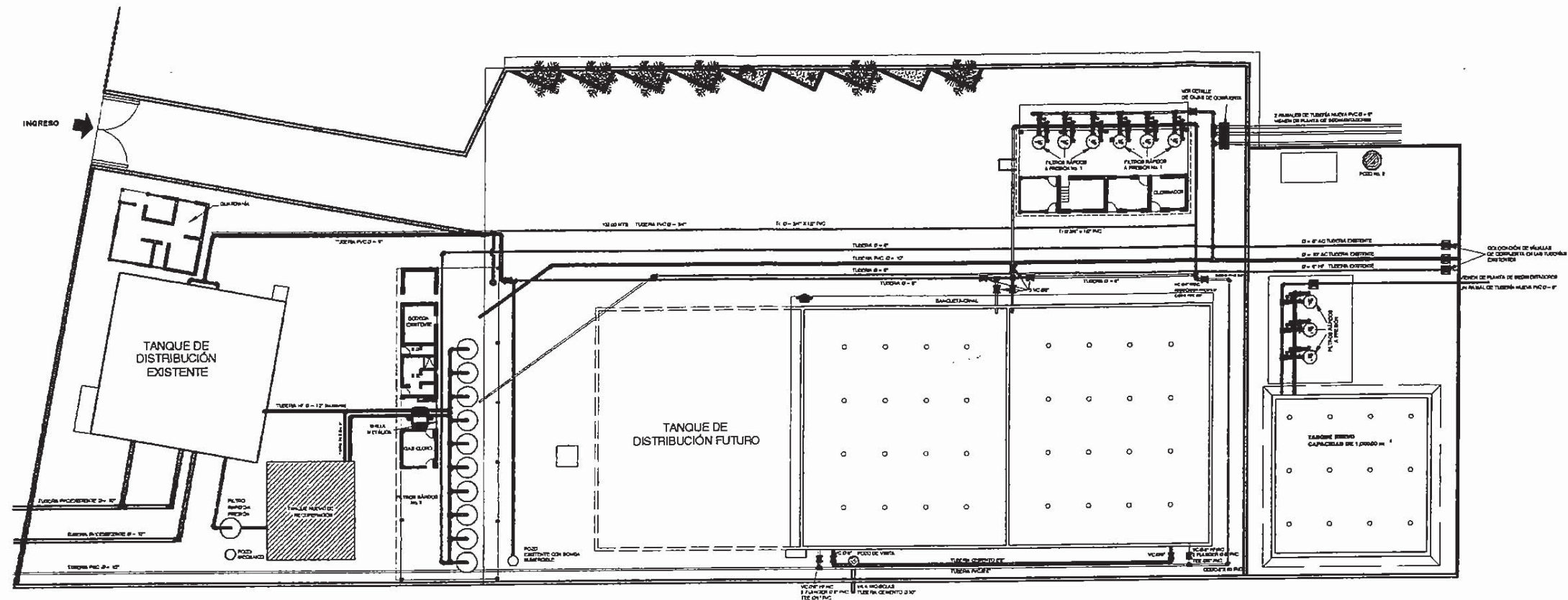
Sin Escala

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Ingeniería Civil

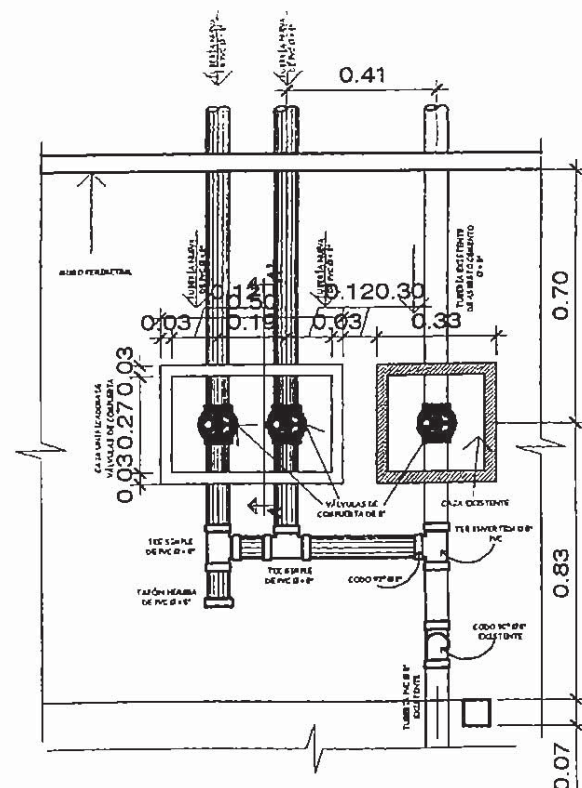
UBAC
 INGENIERIA CIVIL
 E.P.S.

PROYECTO: AMPLIACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE, DE RÍO OCOSÍTO HACIA ÁREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU.

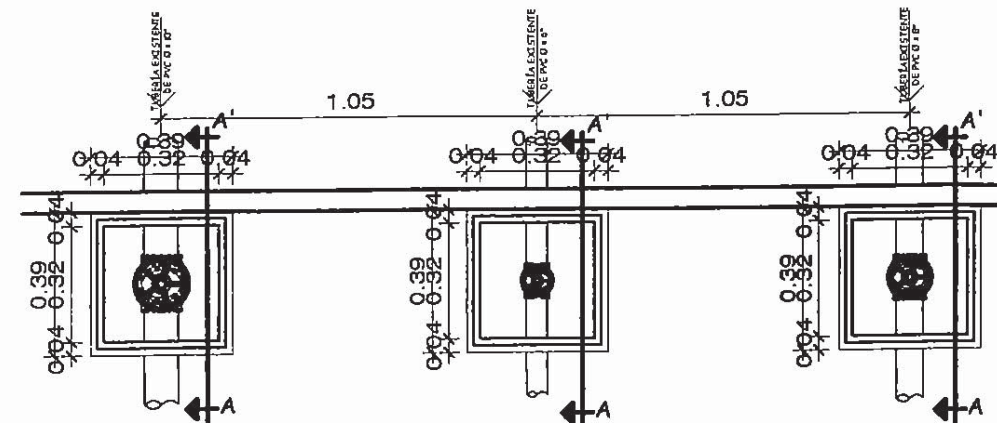
| | |
|---|----------------------------------|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | FECHA: JUNIO 2011 |
| CONTECNICO: DETALLE DE VÁLVULAS DE LIMPIEZA Y DE AIRE | PROYECTISTA: ADRIANA MARTÍNEZ C. |
| PROYECTISTA: ADRIANA M. MARTÍNEZ | HOJA: 18 |
| CALCULISTA: ADRIANA M. MARTÍNEZ | TOTAL: 19 |
| REVISOR: ADRIANA M. MARTÍNEZ | |



PLANTA DE DESINFECCIÓN EN FINCA BRUSELAS

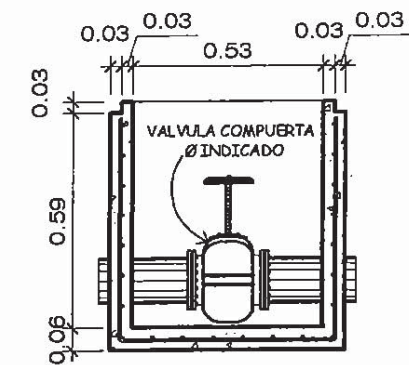


CAJA VÁLVULAS DE COMPUERTA EN PLANTA BRUSELAS



CAJAS VÁLVULAS DE COMPUERTA EN TUBERIAS EXISTENTES

Escala: 1/20



SECCION A - A' DE CAJAS

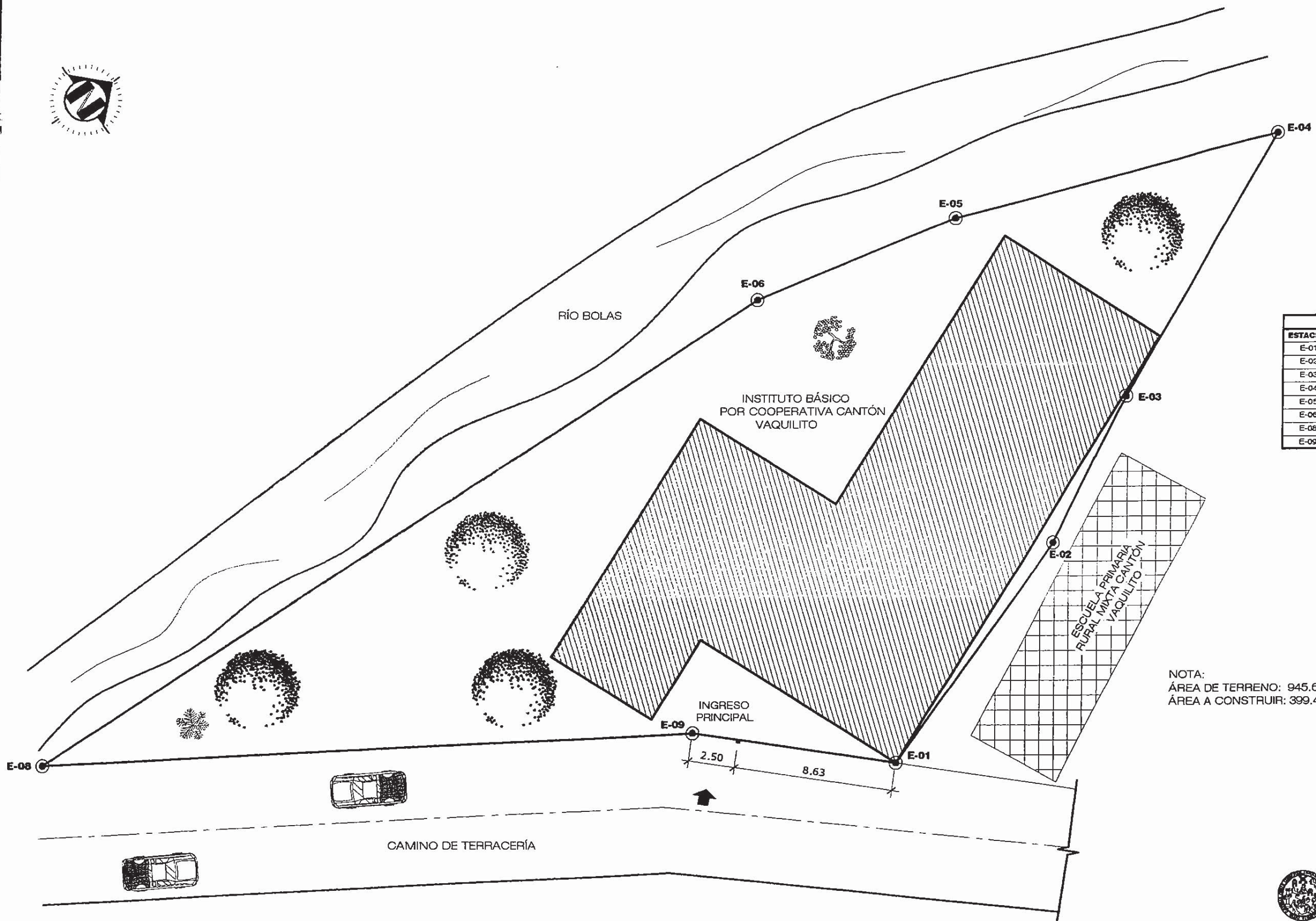
San Carlos de Guatemala
 Escala: 1/15
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

UBAC
 INGENIERIA CIVIL
 E.P.S.

AMPLIACIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE, DE RÍO OCOSITO HACIA ÁREA FILTROS I FASE RETALHULEU, RETALHULEU.

| | | | |
|---|-----------------------------|------------|---------------------|
| UNIDAD EJECUTORA | MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA | INDICADA |
| PROYECTISTA | | FECHA | JUNIO 2011 |
| PLANTA DE FILTRACIÓN Y CLORACIÓN EN BRUSELAS + DETALLES | | TOPOGRAFIA | ADRIANA MARTÍNEZ C. |
| DISEÑADA | ADRIANA MARTÍNEZ C. | BO | |
| CALCULADA | ADRIANA MARTÍNEZ C. | BO | 19 |
| REVISADA | ADRIANA MARTÍNEZ C. | BO | 19 |

Escala: 1/20



| LIBRETA TOPOGRÁFICA | | | |
|---------------------|------|------------|----------------|
| ESTACIÓN | P.O. | AZIMUT | DISTANCIA (m.) |
| E-01 | E-02 | 340°00'00" | 18.14 |
| E-02 | E-03 | 331°00'00" | 11.02 |
| E-03 | E-04 | 335°00'00" | 20.40 |
| E-04 | E-05 | 200°00'00" | 22.89 |
| E-05 | E-06 | 192°00'00" | 14.41 |
| E-06 | E-08 | 181°00'00" | 56.55 |
| E-08 | E-09 | 31°00'00" | 43.17 |
| E-09 | E-01 | 43°00'00" | 13.91 |

NOTA:
 ÁREA DE TERRENO: 945.6857 m²
 ÁREA A CONSTRUIR: 399.421 m²

PLANTA EN CONJUNTO

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

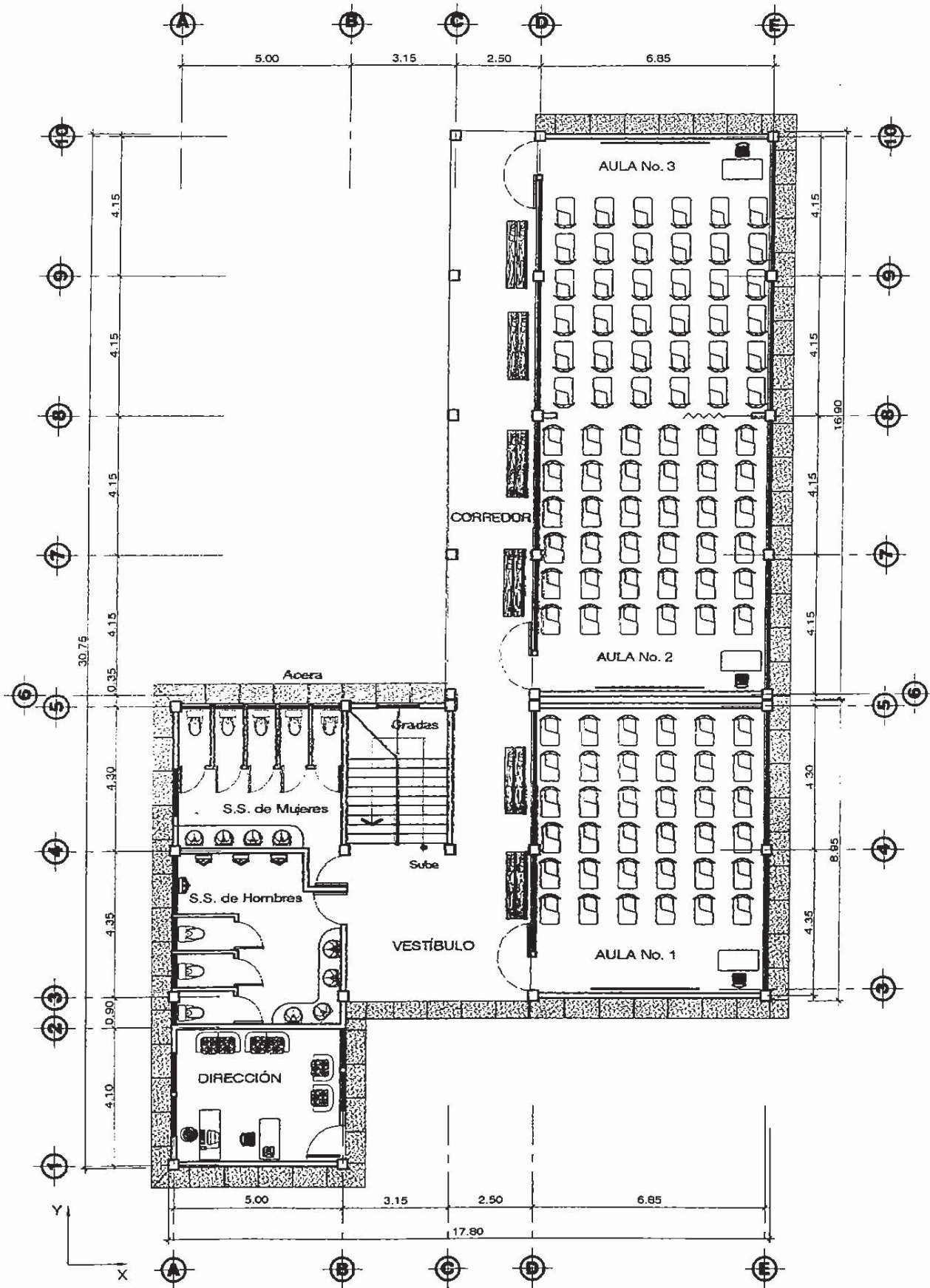
ESCALA: 1/100



USAC
 INGENIERIA CIVIL
 E.P.S.

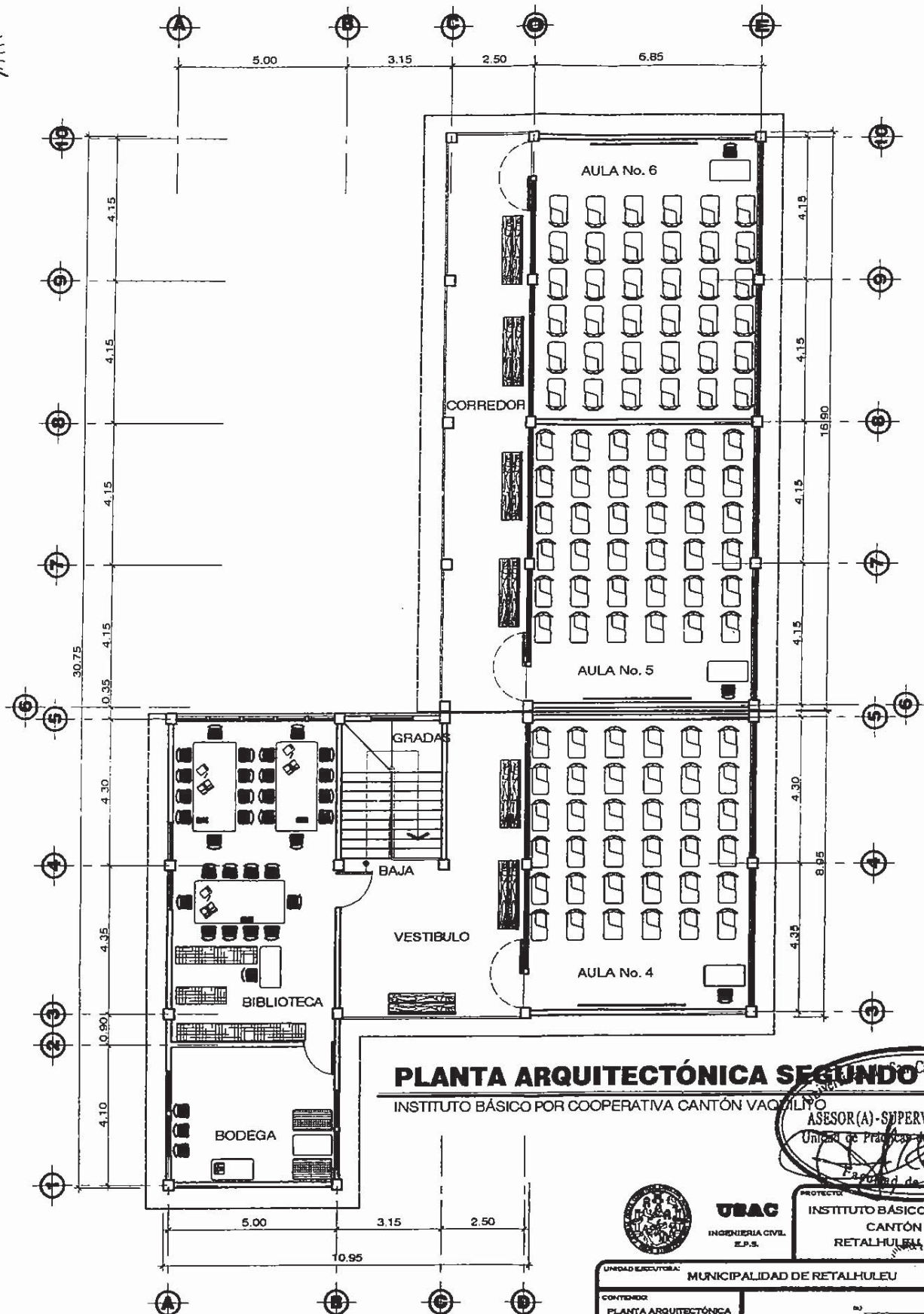
PROYECTO:
**INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA
 CANTÓN VAQUILITO
 RETALHULEU, RETALHULEU.**

| UNIDAD EJECUTORA: | | MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | ESCALA: | |
|-------------------|---------------------|-----------------------------|--|-------------|---------------------|
| | | | | INDICADA | |
| CONTENIDO: | PLANTA EN CONJUNTO | | | FECHA: | JUNIO 2,012 |
| DISEÑO: | ADRIANA MARTINEZ C. | | | TOPOGRAFIA: | ADRIANA MARTINEZ C. |
| CÁLCULO: | ADRIANA MARTINEZ C. | | | SEALA: | 1/16 |
| OPERA: | ADRIANA MARTINEZ C. | | | | |



PLANTA ARQUITECTÓNICA PRIMER NIVEL
 INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

ESCALA: 1/75



PLANTA ARQUITECTÓNICA SEGUNDO NIVEL
 INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

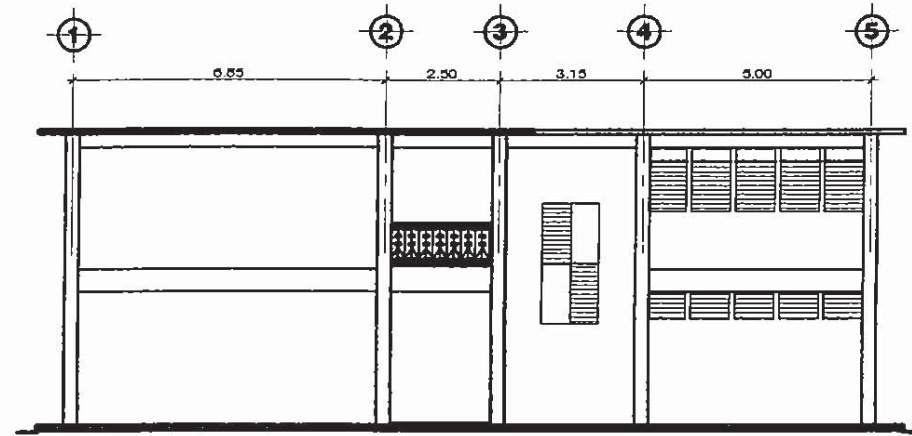
ESCALA: 1/75
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



UBAC
 INGENIERIA CIVIL
 E.P.S.

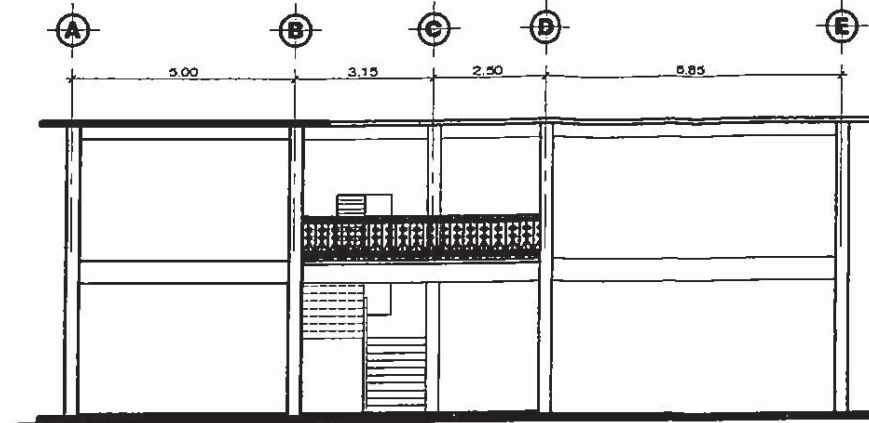
PROYECTO:
 INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA
 CANTÓN VAQUILITO
 RETALHULEU, RETALHULEU.

| | |
|---|---|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: INDICADA |
| CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTÓNICA PRIMER Y SEGUNDO NIVEL | FECHA: JUNIO 2, 012 |
| DISEÑO: ADRIANA MARTINEZ C. | DISEÑADOR(A): ADRIANA MARTINEZ C. |
| CALCULO: ADRIANA MARTINEZ C. | MOEDA N°: 2 / 16 |
| DEBIDO: ADRIANA CAMPOS EXECSITA | PROYECTANTE: LEONIDAS AÑELÓN ALCALDE ADELAR |



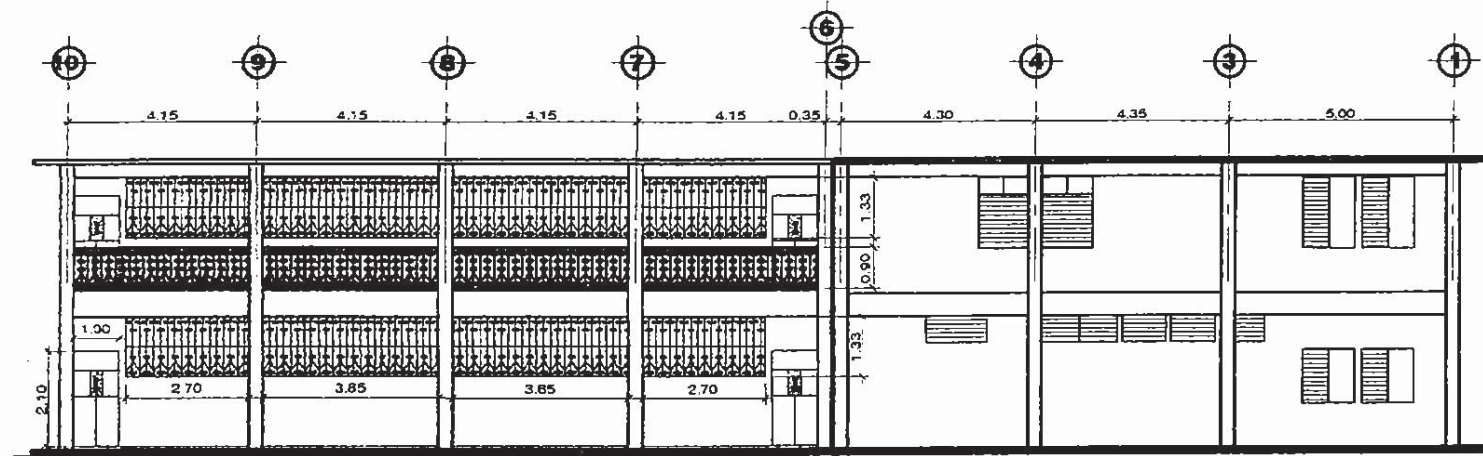
FACHADA POSTERIOR

ESCALA: 1/75



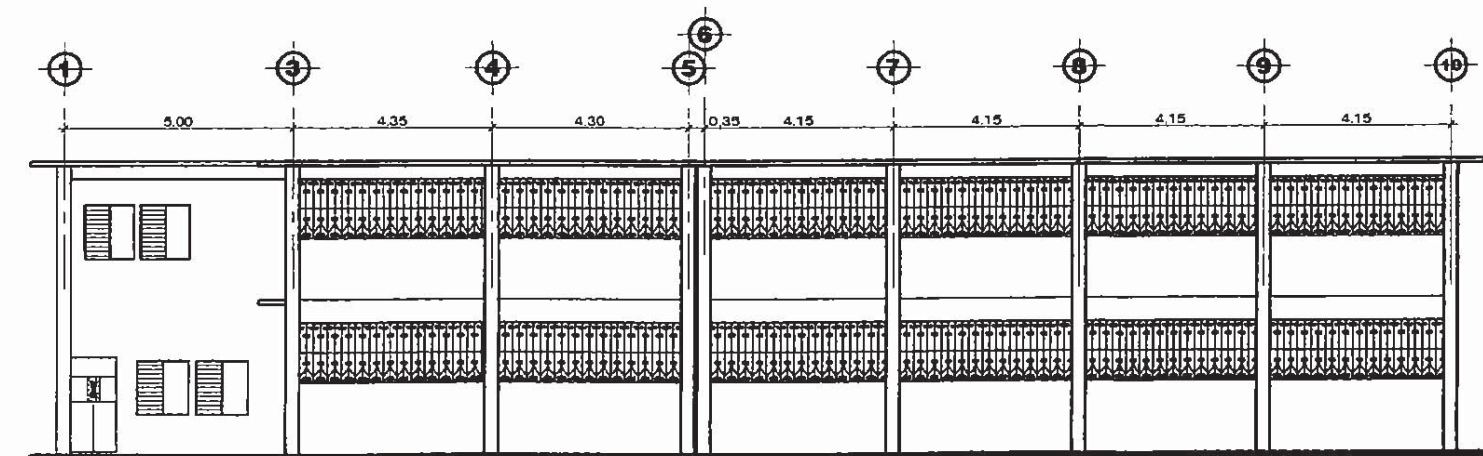
FACHADA FRONTAL

ESCALA: 1/75



FACHADAS LATERAL OESTE

ESCALA: 1/75



FACHADAS LATERAL ESTE

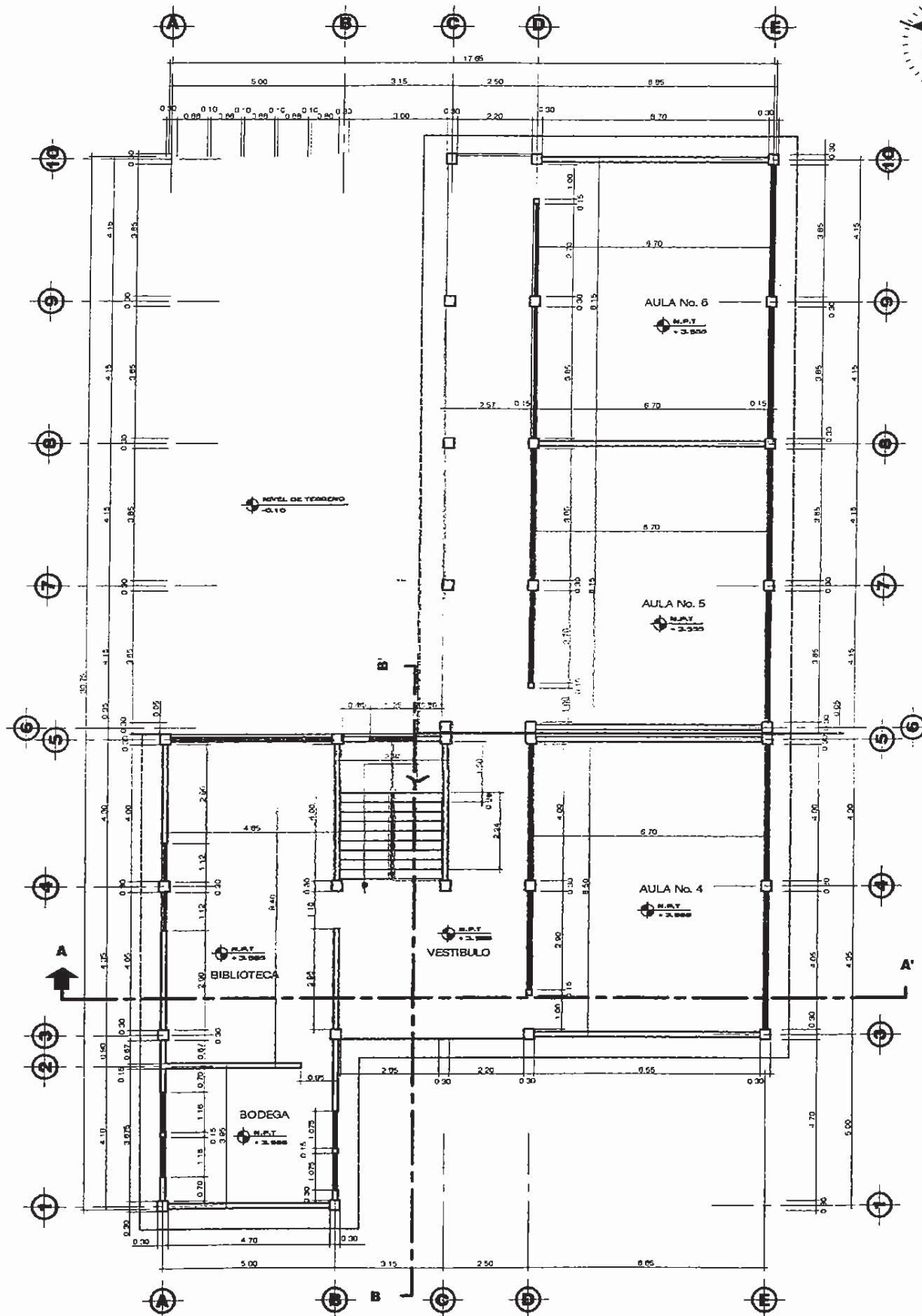
ESCALA: 1/75



UBAC
INGENIERIA CIVIL
E.P.S.

PROYECTO:
**INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA
CANTÓN VAQUILITO
RETALHULEU, RETALHULEU.**

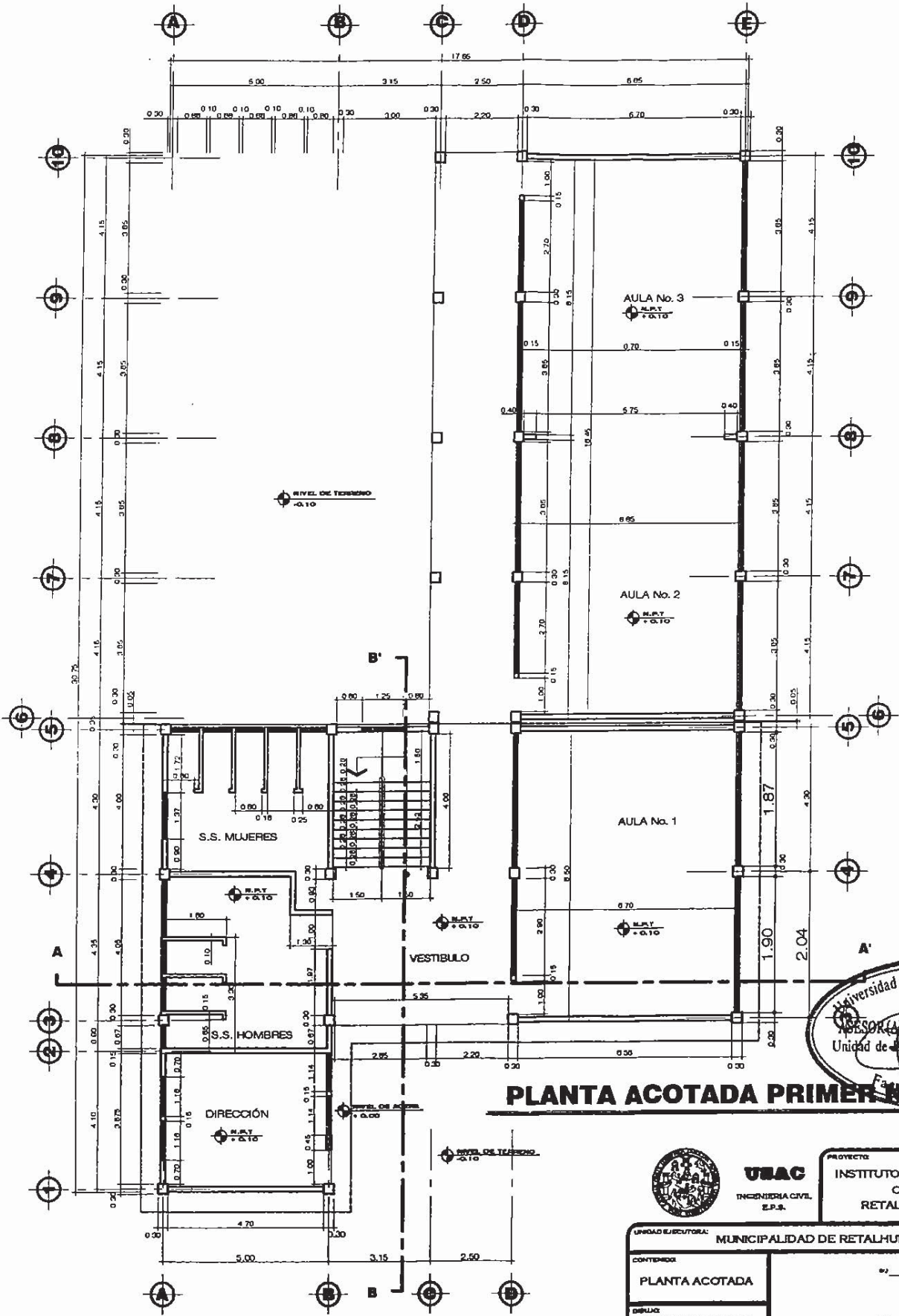
| | |
|--|---|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: INDICADA |
| CONTENIDO: FACHADAS LATERALES, FRONTAL Y POSTERIOR | FECHA: JUNIO 2012 |
| DISEÑO: ADRIANA MARTINEZ C. | PROYECTO: ADRIANA MARTINEZ C. |
| CÁLCULO: ADRIANA MARTINEZ C. | MOJAS: 3 |
| DIBUJO: ADRIANA MARTINEZ C. | PLANTAS: 16 |



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO
 ÁREA: 399.4210 m.²

ESCALA: 1/75



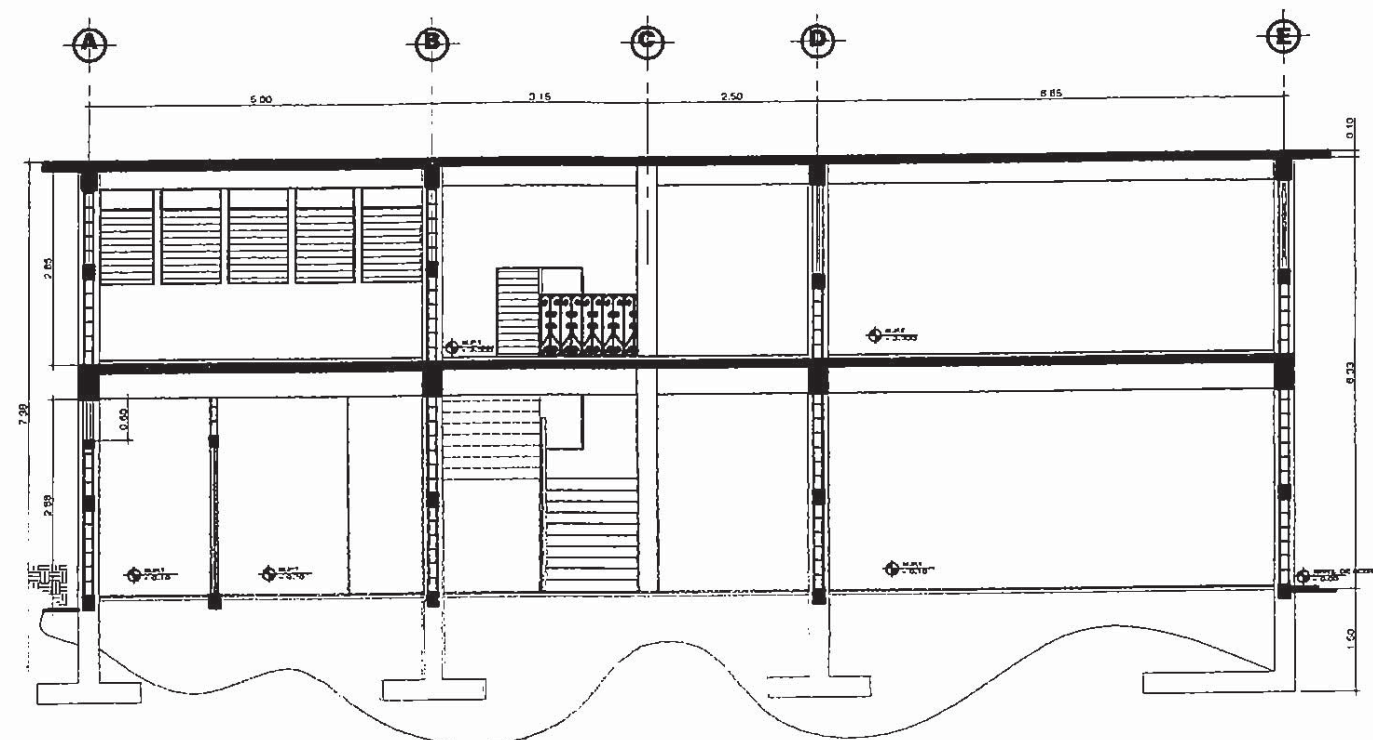
PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75



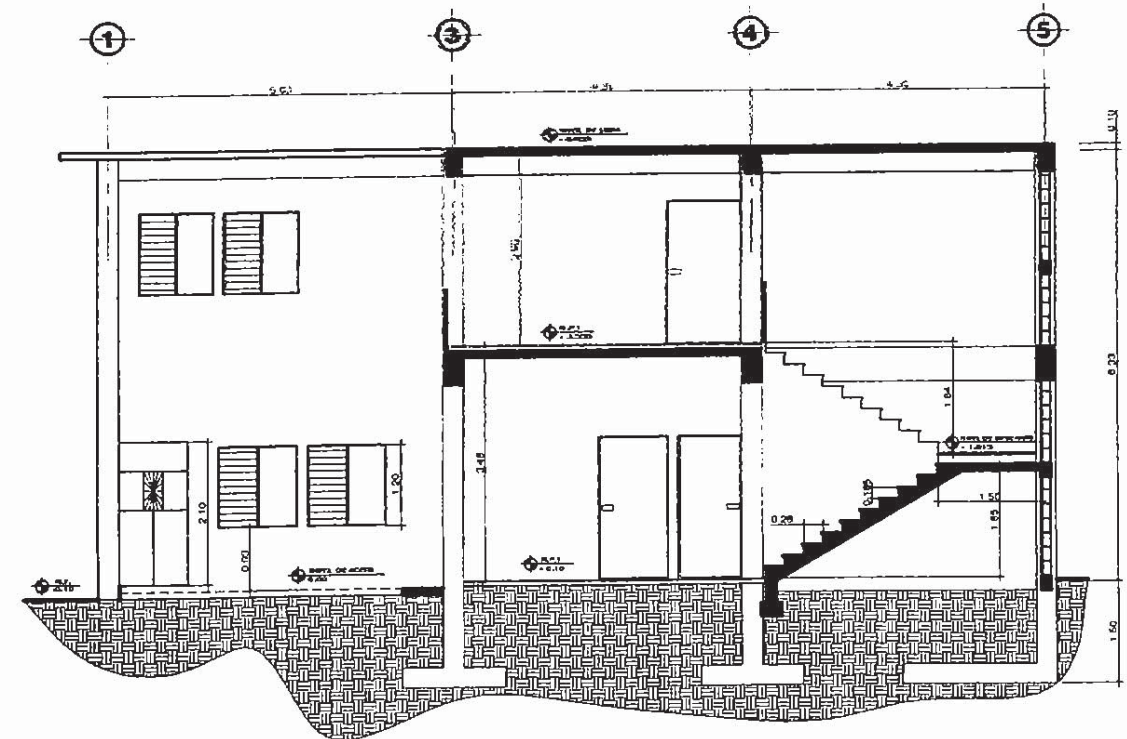
PROYECTO: INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO, RETALHULEU, RETALHULEU.

| | |
|--|--|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ENCARGADA: INDICADA |
| CONTENIDO: PLANTA ACOTADA | FECHA: JUNIO 2012 |
| DIBUJÓ: ADRIANA MARTÍNEZ C. | TOPÓGRAFO: ADRIANA MARTÍNEZ C. |
| CÁLCULO: ADRIANA MARTÍNEZ C. | MOEDA N.º: 4 / 16 |
| DISEÑO: ADRIANA MARTÍNEZ C. | PROFESOR: LEONIDAS ARIAS ALCALDE AUYLAR |
| | PROFESOR: ADRIANA CAMPOS ESPINOSA |



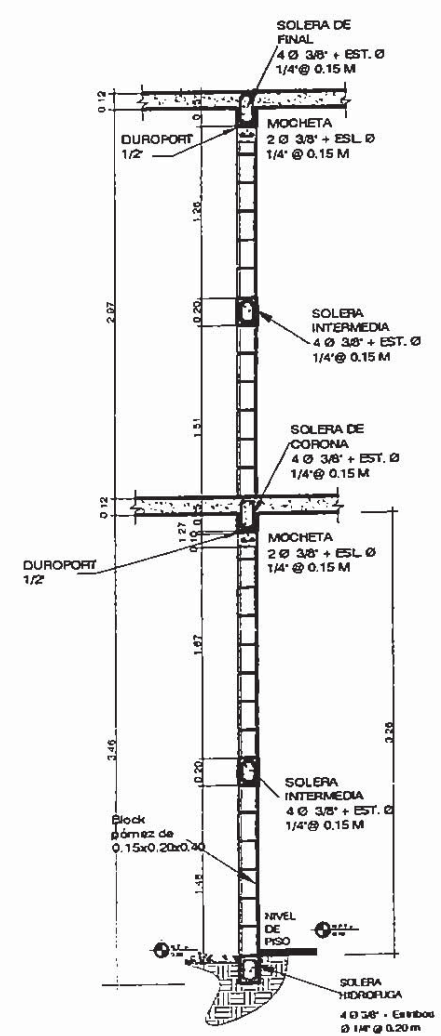
CORTE A-A'

ESCALA: 1/75



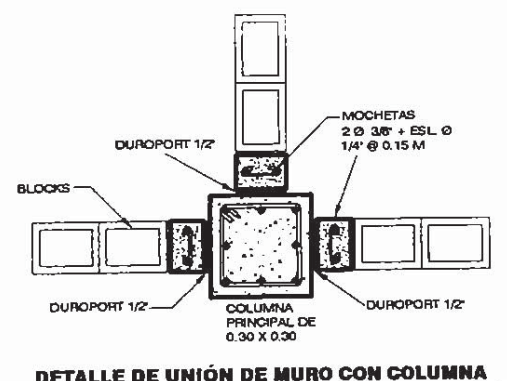
CORTE B-B'

ESCALA: 1/75



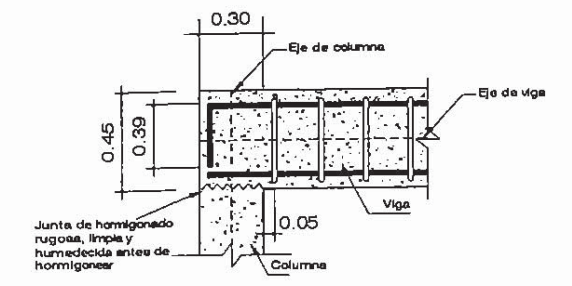
CORTE DE MURO TÍPICO

Escala: 1/25



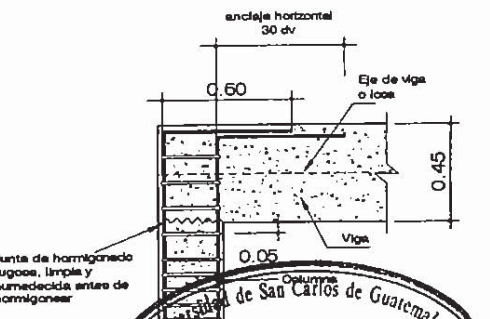
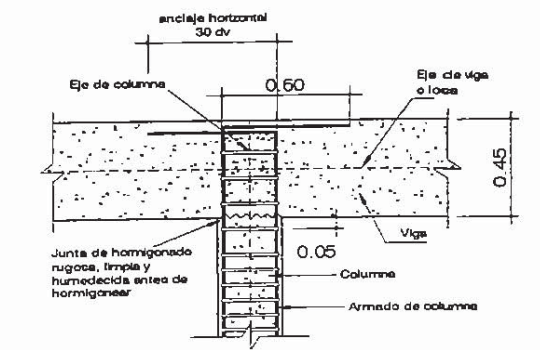
DETALLE DE UNIÓN DE MURO CON COLUMNA

ESCALA: 1/10



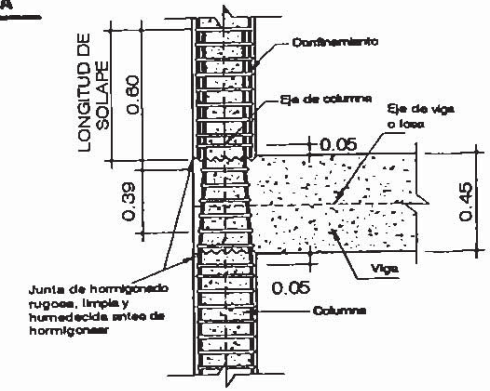
DETALLE DE UNIÓN DE VIGA A COLUMNA

SIN ESCALA




DETALLE DE UNIÓN DE COLUMNA CON VIGA

SIN ESCALA



DETALLE DE ANCLAJE DE ARMADURAS

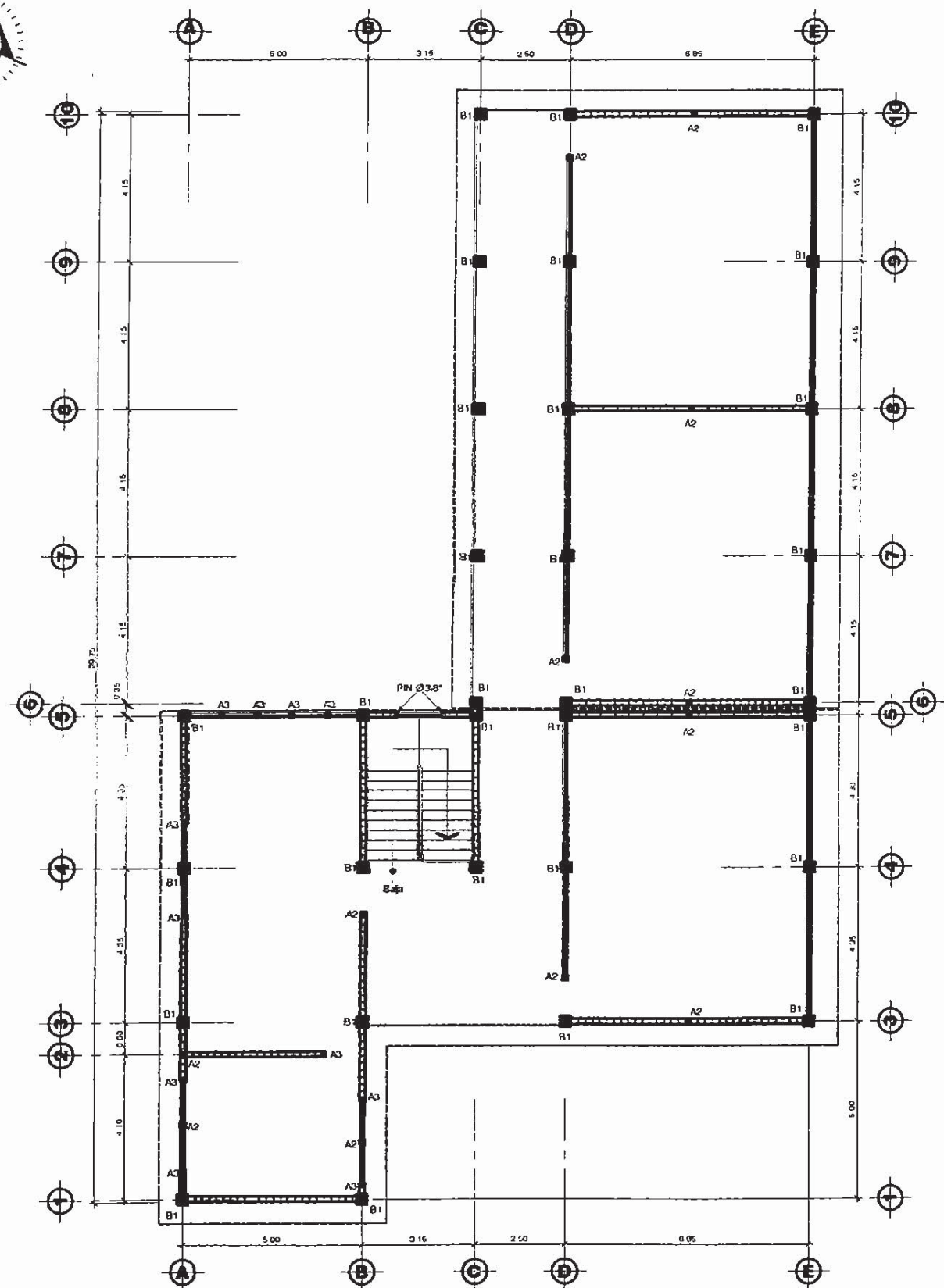
SIN ESCALA



UNAC INGENIERIA CIVIL E.P.S.

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO RETALHULEU, RETALHULEU.

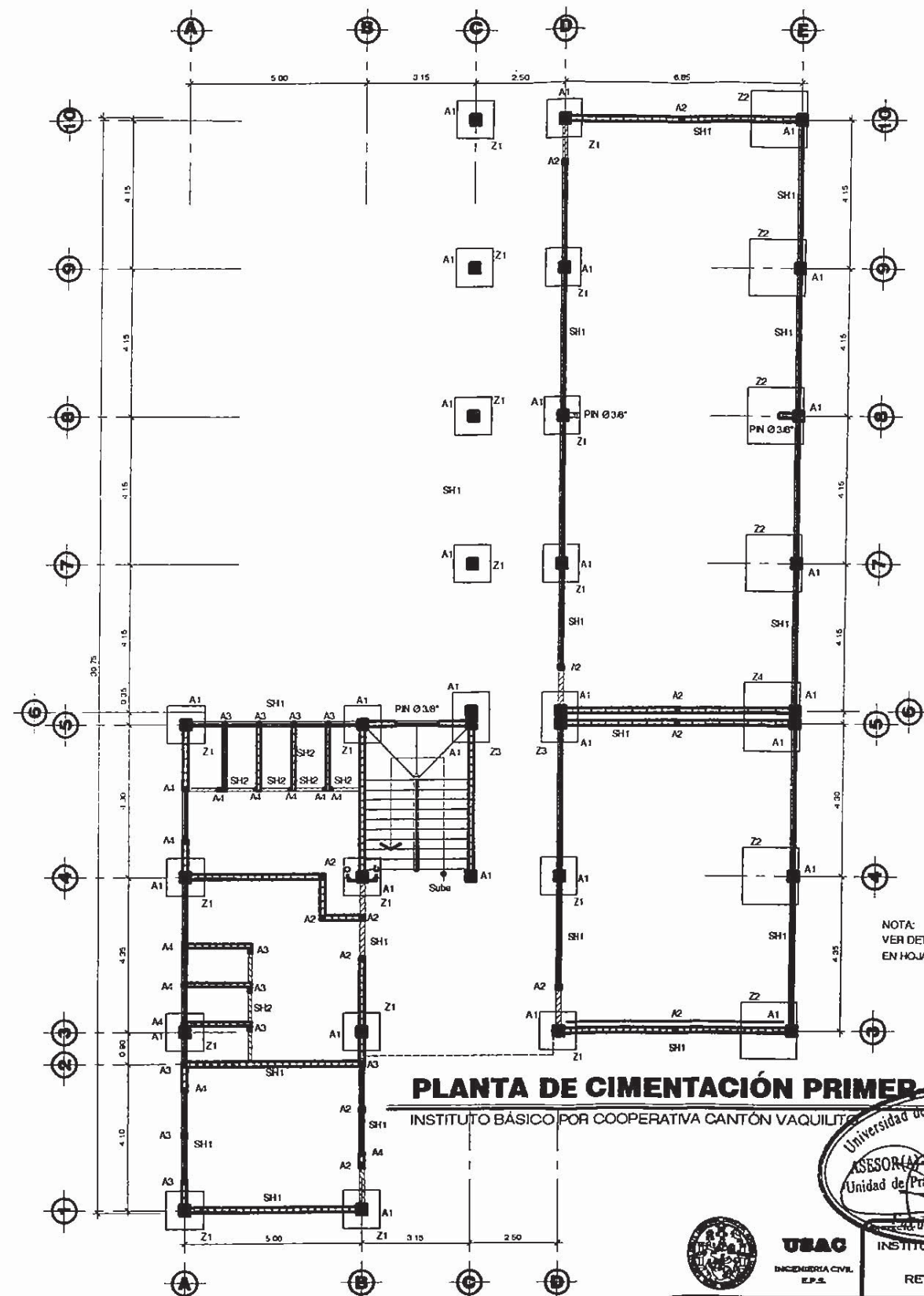
| | |
|---|---------------------------------|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: INDICADA |
| CONTENIDO: SECCIONES A Y B | FECHA: JUNIO 2012 |
| DIBUJOS: ADRIANA MARTINEZ C. | TOPÓGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C. |
| CALCULO: ADRIANA MARTINEZ C. | HOLLA N°: 5 |
| DISEÑO: ADRIANA MARTINEZ C. | PROYECTO: ADOPTAR CAMPO EPEBSTA |
| | 16 |



PLANTA DE CIMENTACIÓN SEGUNDO NIVEL

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

ESCALA: 1/75



PLANTA DE CIMENTACIÓN PRIMER NIVEL

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

NOTA:
VER DETALLES DE CIMENTOS
EN HOJA No. 7/16

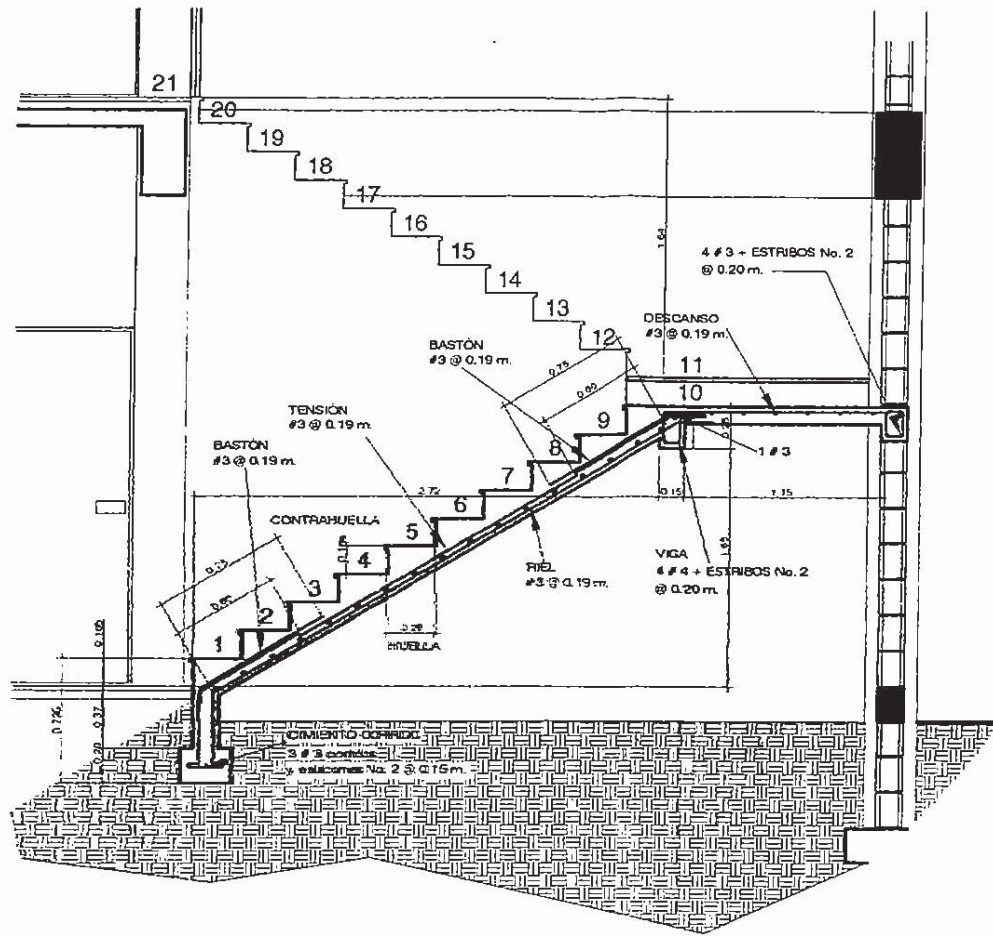
Universidad de San Carlos de Guayaquil
ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería de EPS
Escuela de Ingeniería Civil



UBAC
INGENIERIA CIVIL
E.P.S.

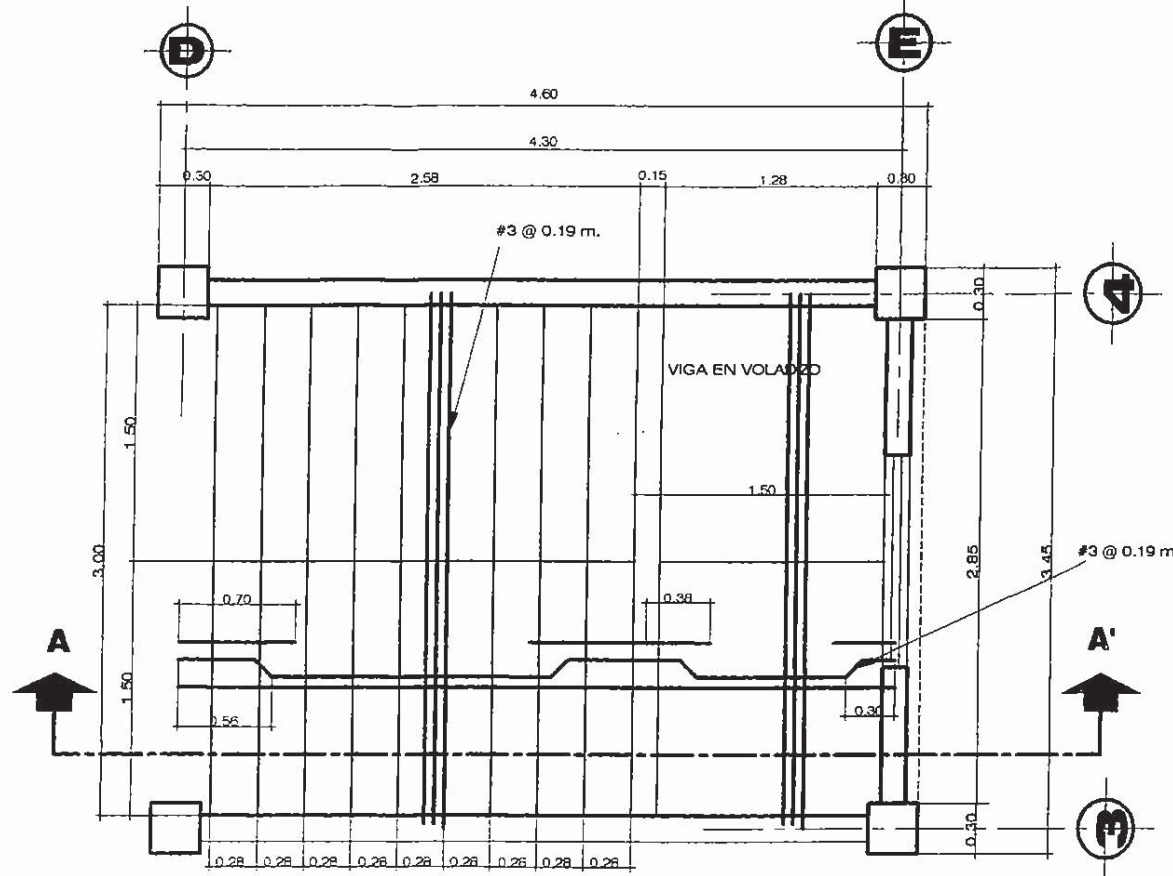
INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA
CANTÓN VAQUILITO
RETALHULEU, RETALHULEU.

| | |
|---|---|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: INDICADA |
| CONTENIDO: PLANTA DE CIMENTACIÓN | FECHA: JUNIO 2012 |
| DISEÑÓ: ADRIANA MARTINEZ C. | TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C. |
| CALCULO: ADRIANA MARTINEZ C. | HOJA No: 6 |
| DIRIGIÓ: ADRIANA MARTINEZ C. | 16 |



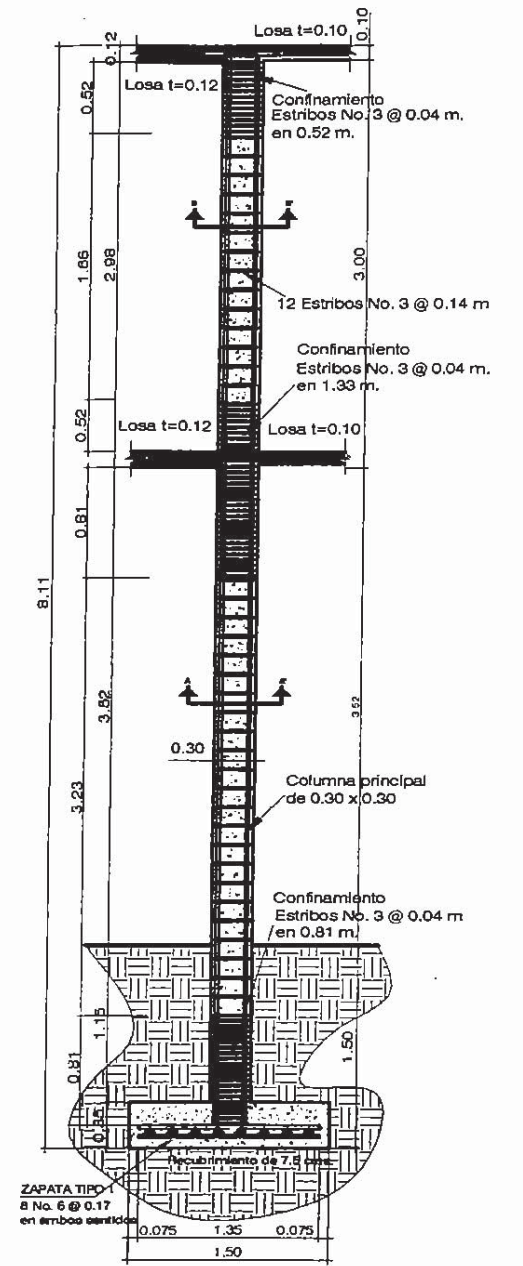
CORTE A-A'

ESCALA: 1/20



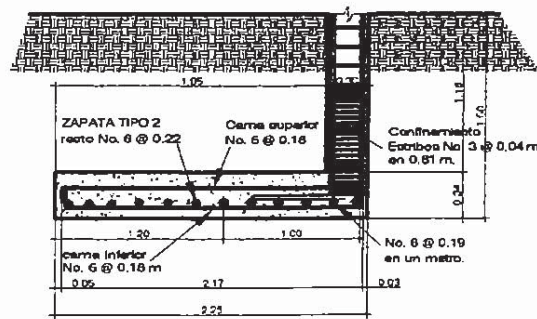
PLANTA DE GRADAS

ESCALA: 1/20



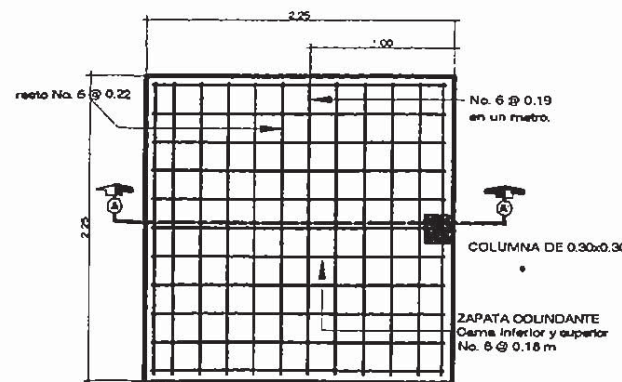
CORTE C-C'

ESCALA: 1/25



CORTE A-A' ZAPATA TIPO 2

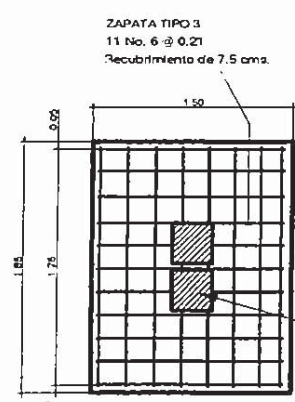
ESCALA: 1/25



ZAPATA Z-2

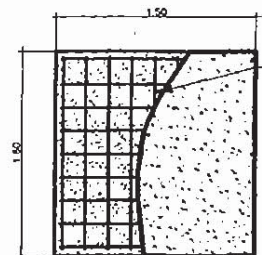
ESCALA: 1/25

ZAPATA 4
Tendrá el mismo armado que la zapata 2 solo que se unirán dos teniendo las siguientes dimensiones 2.25 X 2.50



ZAPATA TIPO 3

ESCALA: 1/25



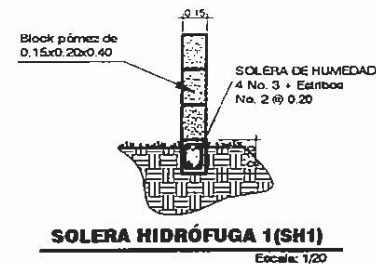
ZAPATA OBLICUADA

ESCALA: 1/25



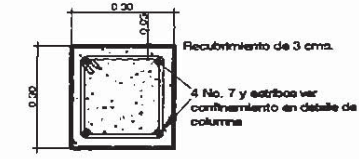
SOLERA HIDROFUGA 2 (SH2)

ESCALA: 1/10



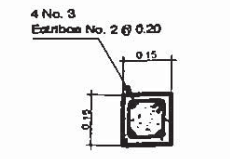
SOLERA HIDROFUGA 1 (SH1)

ESCALA: 1/20



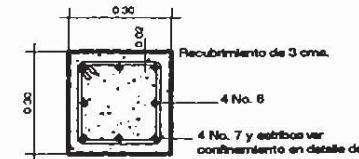
Columna B-1

ESCALA: 1/10
CORTE B-B'
SEGUNDO NIVEL



Columna A-2

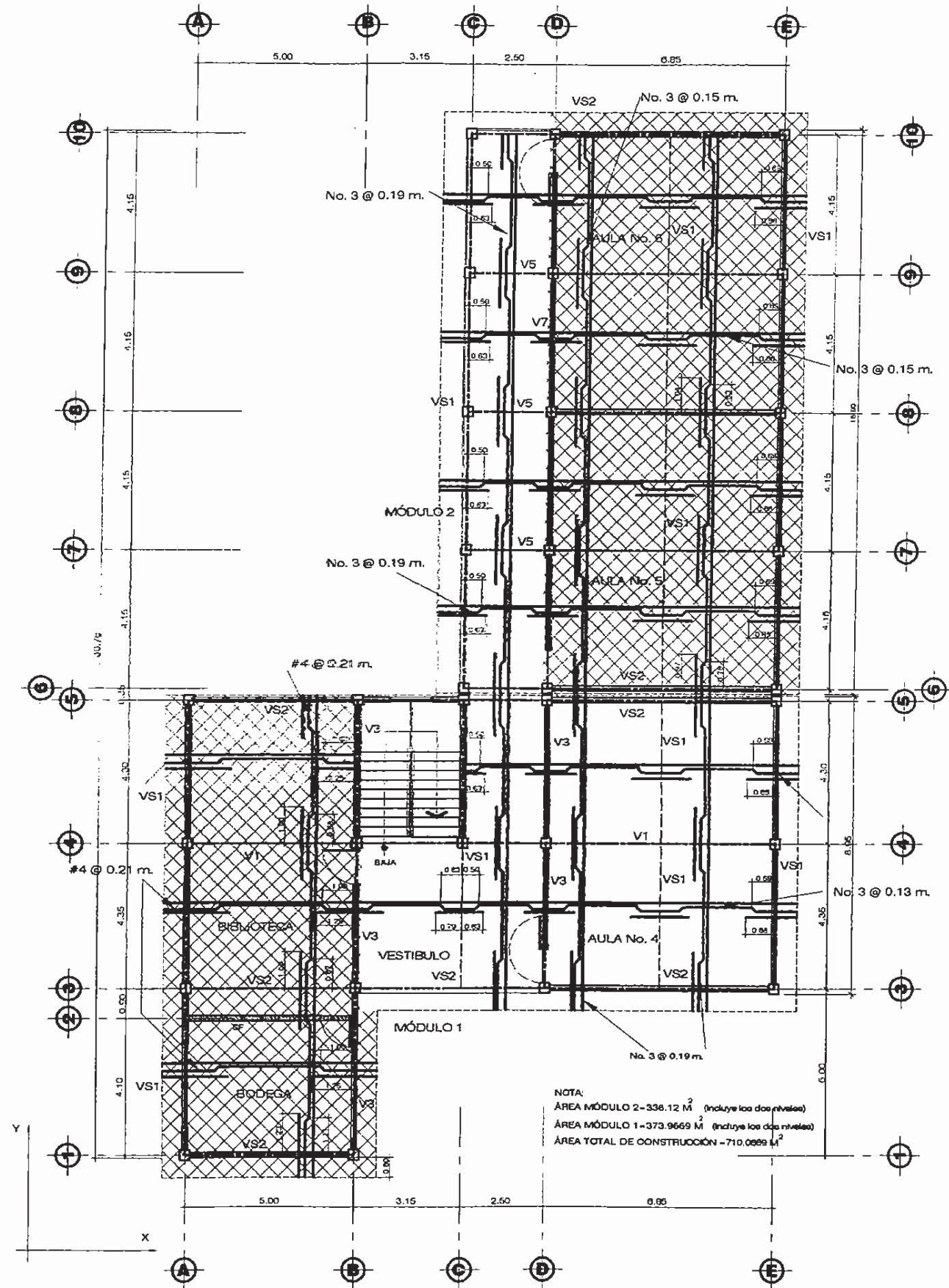
ESCALA: 1/10



Columna A-1

ESCALA: 1/10
CORTE A-A' - PRIMER NIVEL

| | | | |
|---|---|----------------------------------|--------------|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | | INDICADA | |
| CONTENIDO: DETALLES DE CIMENTOS | FECHA: JUNIO 2012 | PROYECTISTA: ADRIANA MARTINEZ C. | ESCALA: 7/16 |
| DISEÑADA: ADRIANA MARTINEZ C. | REVISADA: LEONIDAS AGUIRRE ALCALDE AUXILIAR | PROYECTISTA: ADRIANA MARTINEZ C. | |
| CALCULADA: ADRIANA MARTINEZ C. | PROYECTISTA: ADRIANA MARTINEZ C. | | |

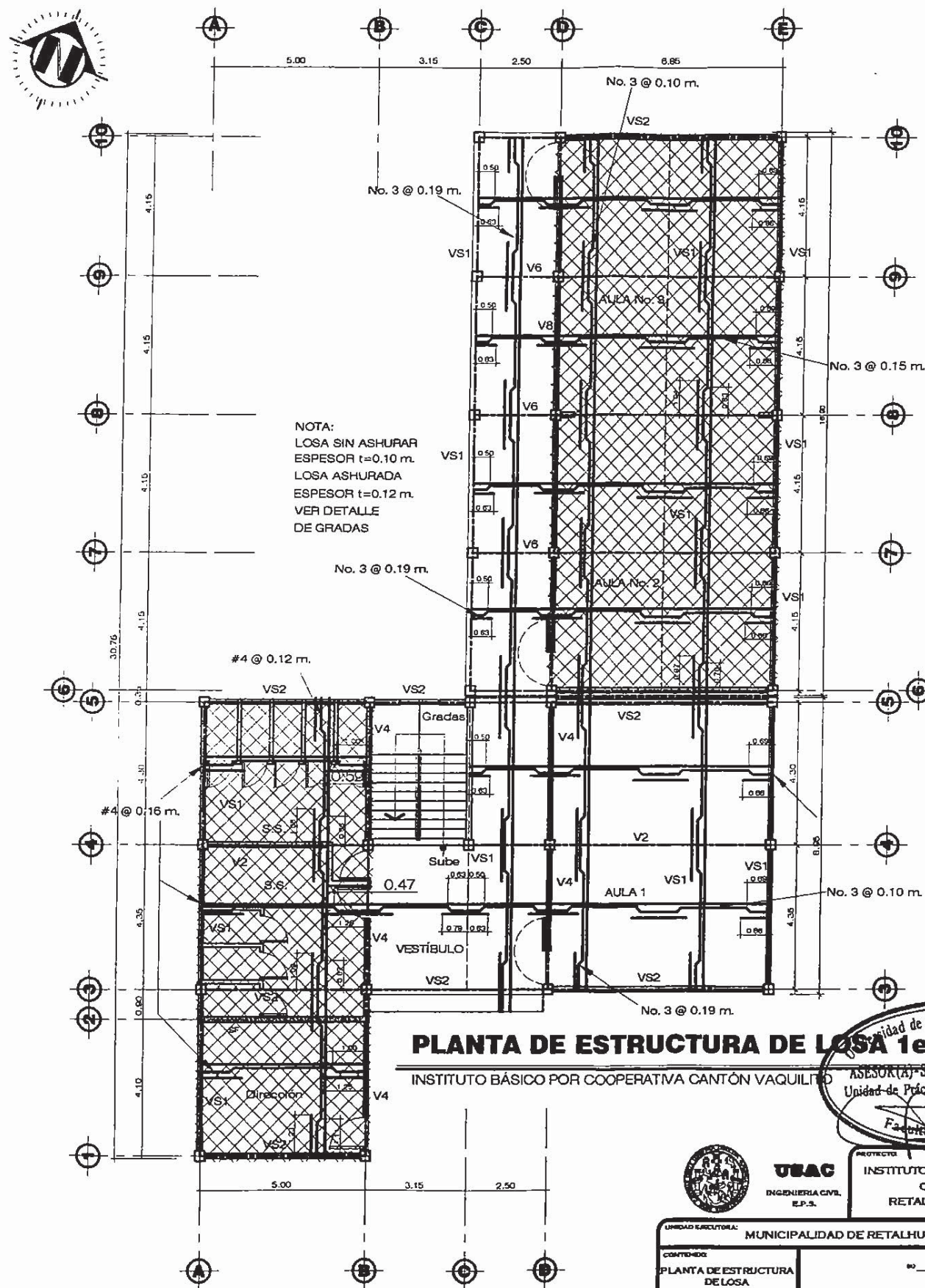


NOTA:
 ÁREA MÓDULO 2 = 336.12 M² (incluye los dos niveles)
 ÁREA MÓDULO 1 = 373.9669 M² (incluye los dos niveles)
 ÁREA TOTAL DE CONSTRUCCIÓN = 710.0899 M²

PLANTA DE ESTRUCTURA DE LOSA 2do. NIVEL

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

ESCALA: 1/75



NOTA:
 LOSA SIN ASHURAR
 ESPESOR t=0.10 m.
 LOSA ASHURADA
 ESPESOR t=0.12 m.
 VER DETALLE
 DE GRADAS

PLANTA DE ESTRUCTURA DE LOSA 1er. NIVEL

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

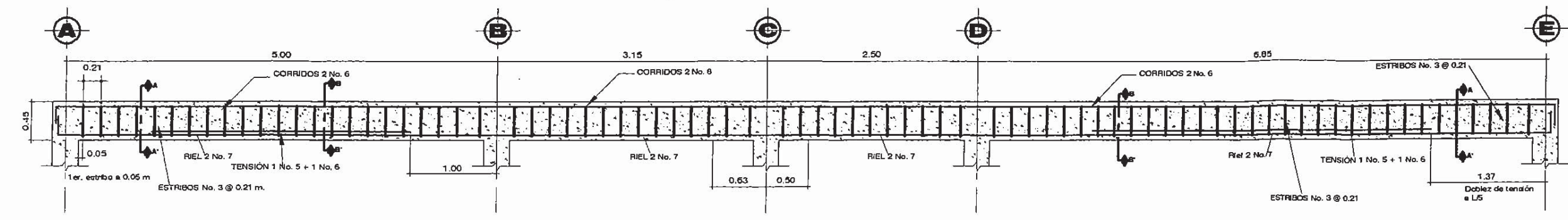
Comunidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS
 Escala: 1/75



UBAC
 INGENIERIA CIVIL
 E.P.S.

PROYECTO:
 INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA
 CANTÓN VAQUILITO
 RETALHULEU, RETALHULEU.

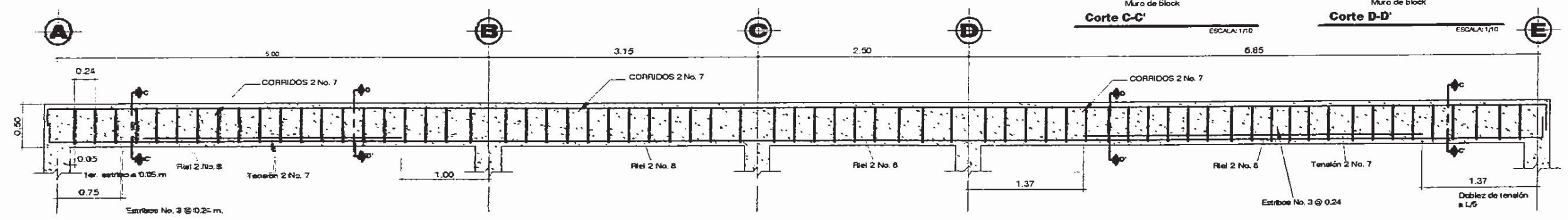
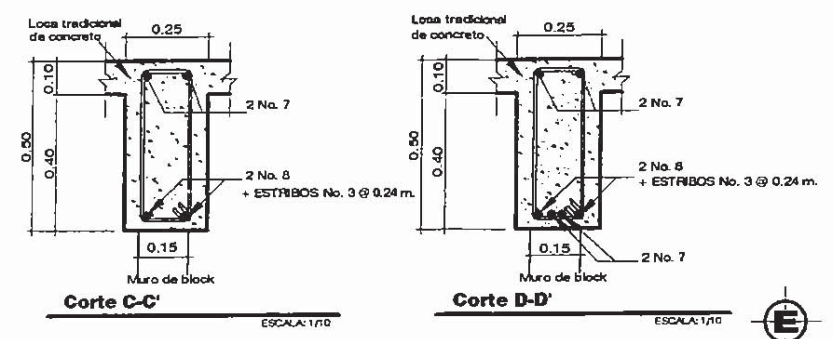
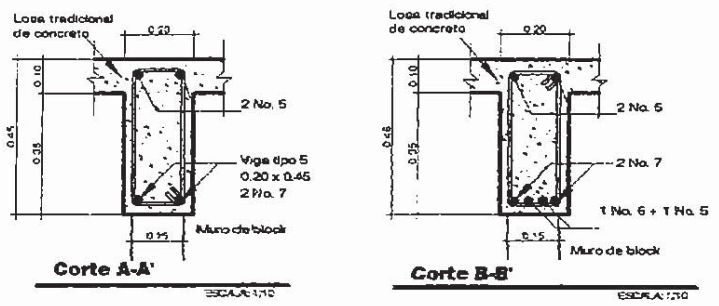
| | |
|--|--|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: INDICADA |
| CONTENIDO: PLANTA DE ESTRUCTURA DE LOSA | FECHA: JUNIO 2012 |
| DISEÑADOR: ADRIANA MARTINEZ C. | DISEÑADOR: ADRIANA MARTINEZ C. |
| CÁLCULO: ADRIANA MARTINEZ C. | REVISOR: LEONIDAS ACUÑA ALCALDE AUXILIAR |
| PROYECTO: ADRIANA MARTINEZ C. | PROYECTO: ADRIANA CAMPOS INGENIERA |
| | HOLLA NÚM: 8 |
| | 16 |



DETALLE DE VIGA TIPO 1

SEGUNDO NIVEL MÓDULO 1 SENTIDO X

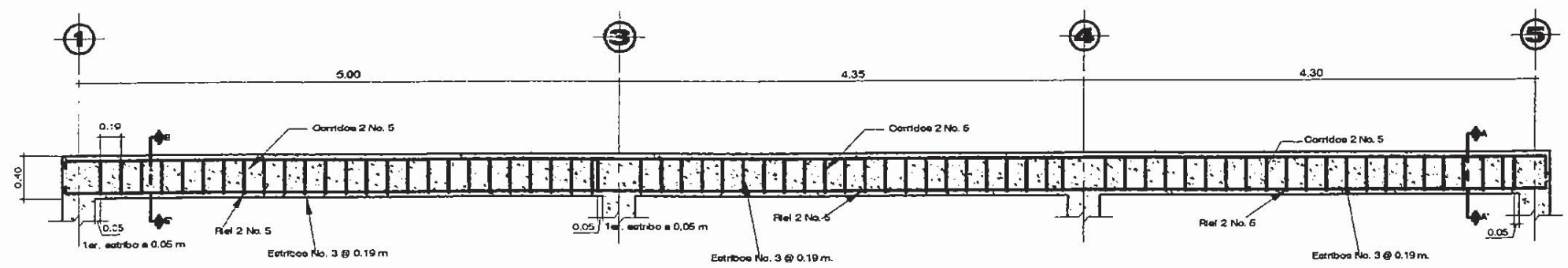
Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



DETALLE DE VIGA TIPO 2

PRIMER NIVEL MÓDULO 1 SENTIDO X

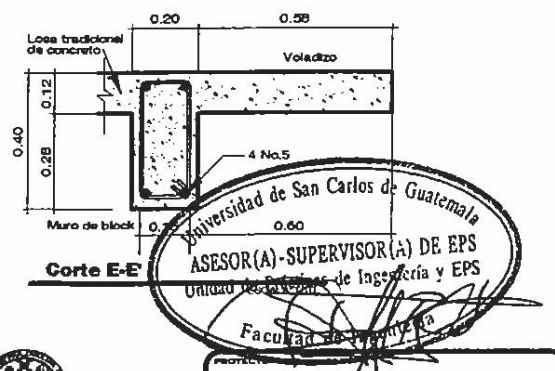
Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



DETALLE DE VIGA TIPO 3

SEGUNDO NIVEL MÓDULO 1 SENTIDO Y

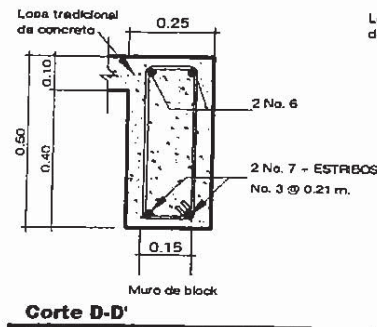
Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



UNAC
INGENIERIA CIVIL
E.P.S.

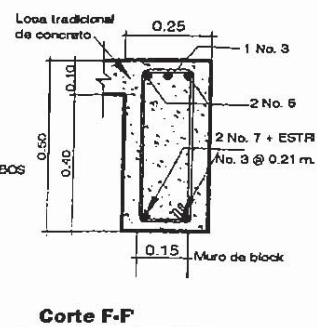
**INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA
CANTÓN VAQUILITO
RETALHULEU, RETALHULEU.**

| | |
|--|---|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: INDICADA |
| CONTENIDO: DETALLES DE VIGAS + SECCIONES SENTIDO X-Y MÓDULO I | FECHA: JUNIO 2, 012 |
| DISEÑO: ADRIANA MARTINEZ C. | TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C. |
| CÁLULO: ADRIANA MARTINEZ C. | NOVA INE: 9 |
| DISEÑO: ADRIANA MARTINEZ C. | PROYECTO: 16 |



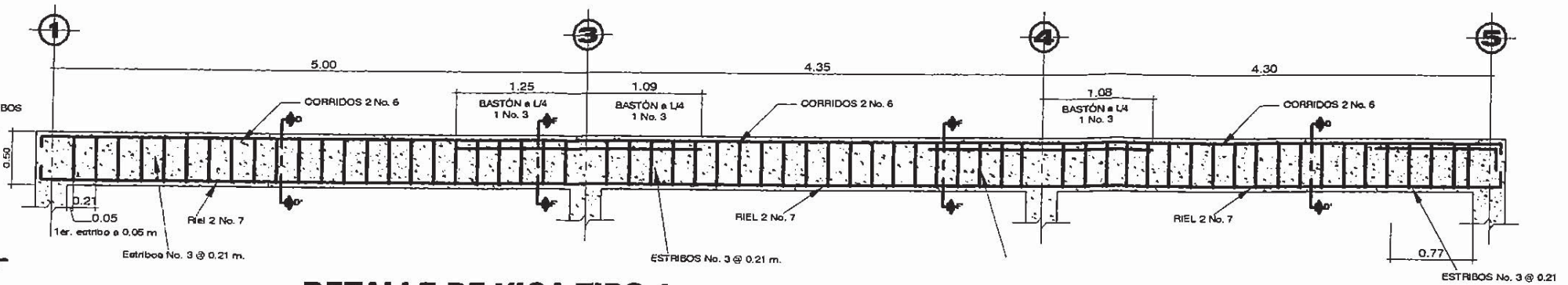
Corte D-D'

ESCALA: 1/10



Corte F-F

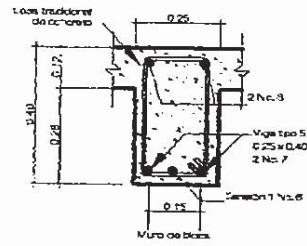
ESCALA: 1/10



DETALLE DE VIGA TIPO 4

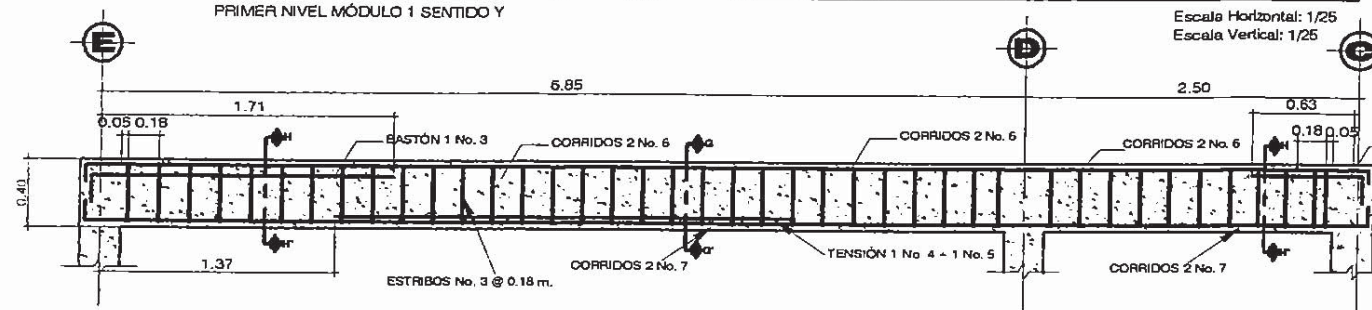
PRIMER NIVEL MÓDULO 1 SENTIDO Y

Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



Corte G-G'

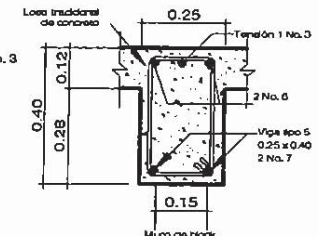
ESCALA: 1/10



DETALLE DE VIGA TIPO 5

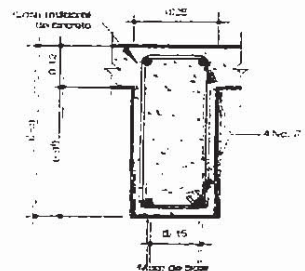
SEGUNDO NIVEL MÓDULO 2 SENTIDO X

Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



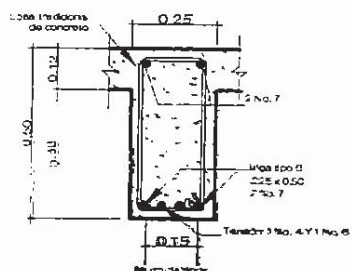
Corte H-H'

ESCALA: 1/10



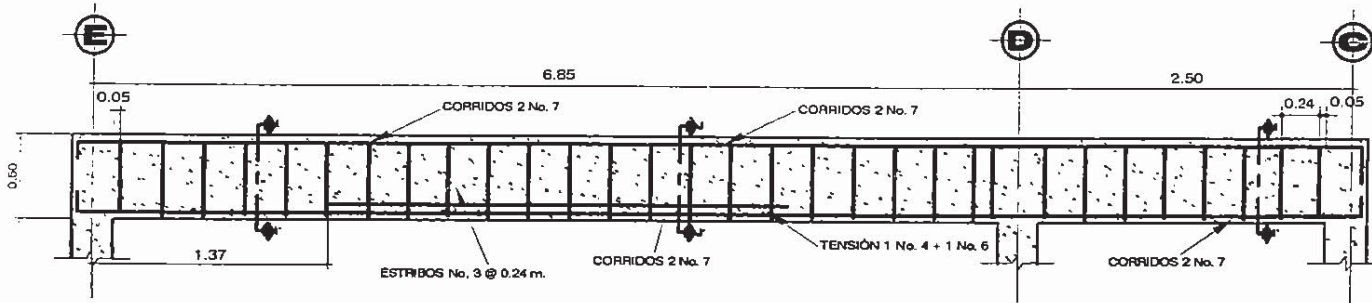
Corte I-I'

ESCALA: 1/10



Corte J-J'

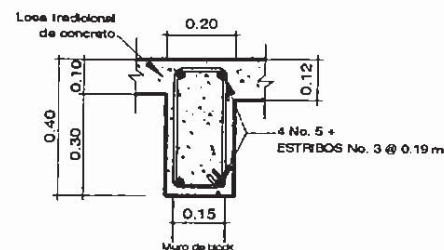
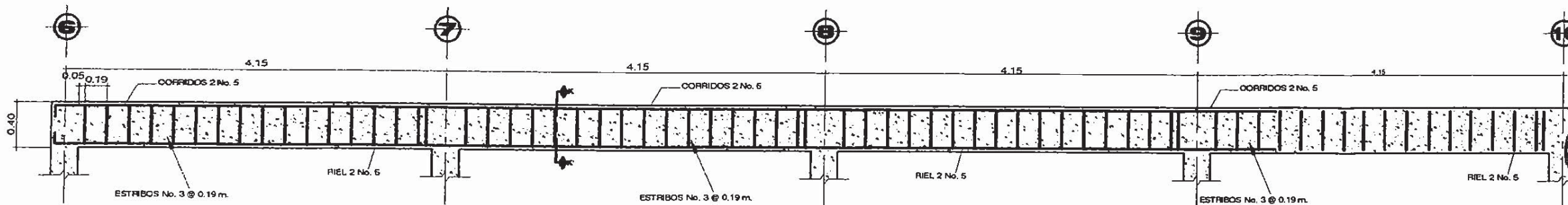
ESCALA: 1/10



DETALLE DE VIGA TIPO 6

PRIMER NIVEL MÓDULO 2 SENTIDO X

Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



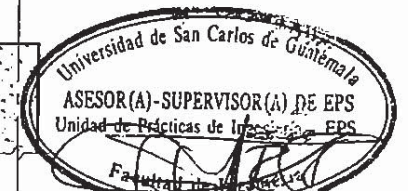
Corte K-K'

ESCALA: 1/10

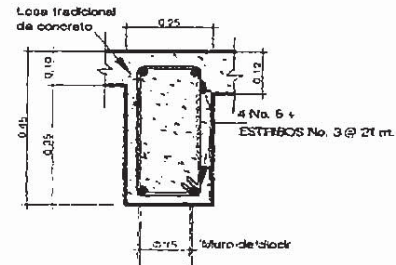
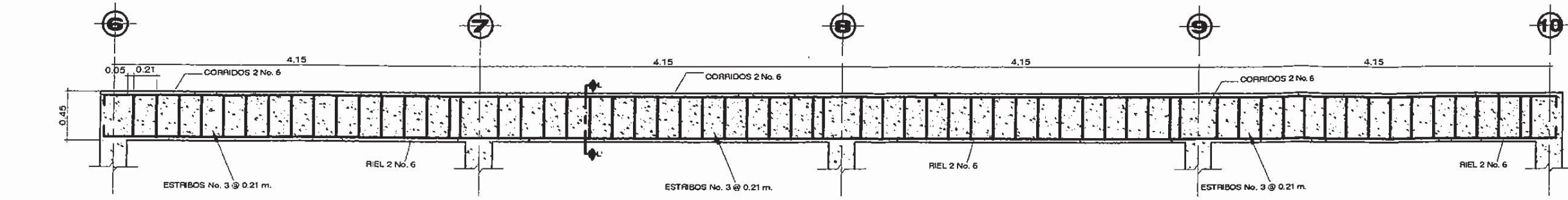
DETALLE DE VIGA TIPO 7

SEGUNDO NIVEL MÓDULO 2 SENTIDO Y

Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>UNAC INGENIERIA CIVIL E.P.S.</p> | | <p>PROYECTO: INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO RETALHULEU, RETALHULEU.</p> | |
| <p>UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU</p> | <p>ESCALA: INDICADA</p> | <p>FECHA: JUNIO 2012</p> | <p>TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C.</p> |
| <p>CONTENIDO: DETALLES DE VIGAS + SECCIONES MÓDULO 1 Y 2</p> | <p>NO. ANGEL DE ACEVEDO</p> | <p>HOLLA NRO. 10</p> | <p>HOLLA NRO. 16</p> |
| <p>DEBILIZ: ADRIANA MARTINEZ C.</p> | <p>LEONIDAS RUIZ ALCALDE AJUDANTE</p> | <p>NO. ADRIANA CAMPOS EJECUTIVA</p> | |
| <p>CALCULO: ADRIANA MARTINEZ C.</p> | | | |
| <p>DISEÑO: ADRIANA MARTINEZ C.</p> | | | |

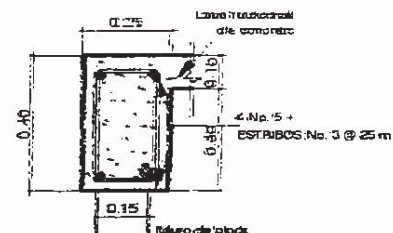
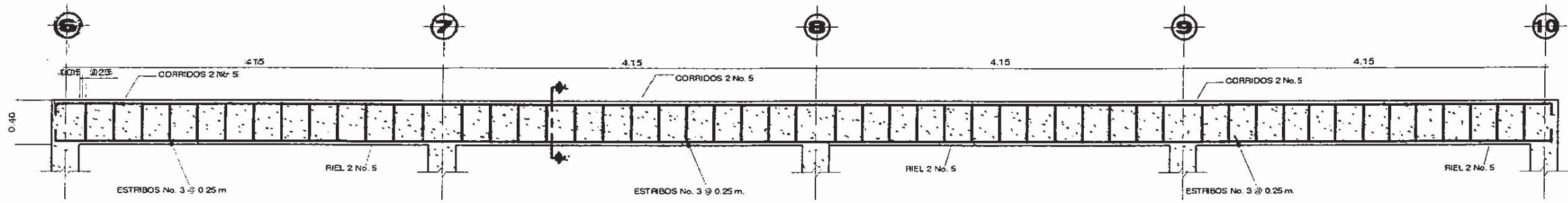


Corte L-L' ESCALA: 1/10

DETALLE DE VIGA TIPO 8

PRIMER NIVEL MÓDULO 2 SENTIDO Y

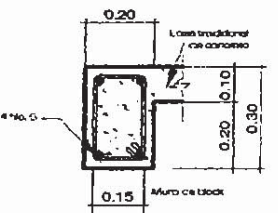
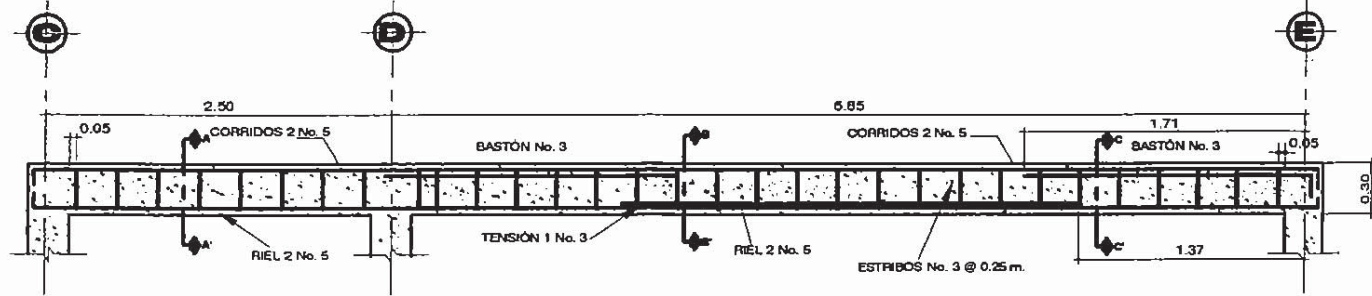
Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



Corte L-L' ESCALA: 1/10

DETALLE DE VIGA SECUNDARIA 1 (VS1)

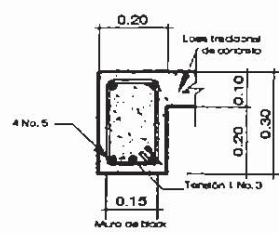
Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



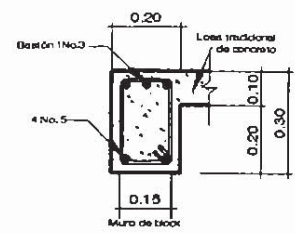
Corte A-A' ESCALA: 1/10

DETALLE DE VIGA SECUNDARIA 2 (VS2)

Escala Horizontal: 1/25
Escala Vertical: 1/25



Corte B-B' ESCALA: 1/10



Corte C-C' ESCALA: 1/10

1. CARGAS

| | |
|--------------------------|------------------------|
| CONCRETO | 2400 Kg/m ³ |
| ACABADOS | 90 Kg/m ² |
| MUROS | 120 Kg/m ² |
| CARGA VIVA EN AZOTEA | 100 Kg/m ² |
| CARGA VIVA AULAS | 250 Kg/m ² |
| CARGA VIVA EN PASILLO | 400 Kg/m ² |
| CARGA DEPÓSITO DE LIBROS | 600 Kg/m ² |

2. MATERIAL

RESISTENCIA DEL CONCRETO f_c = 210 Kg/cm²

RESISTENCIA DEL ACERO f_y = 4200 Kg/cm²

3. RECUBRIMIENTOS

VIGAS Y COLUMNAS: 0.00 cm

LOSAS: 0.025 cm

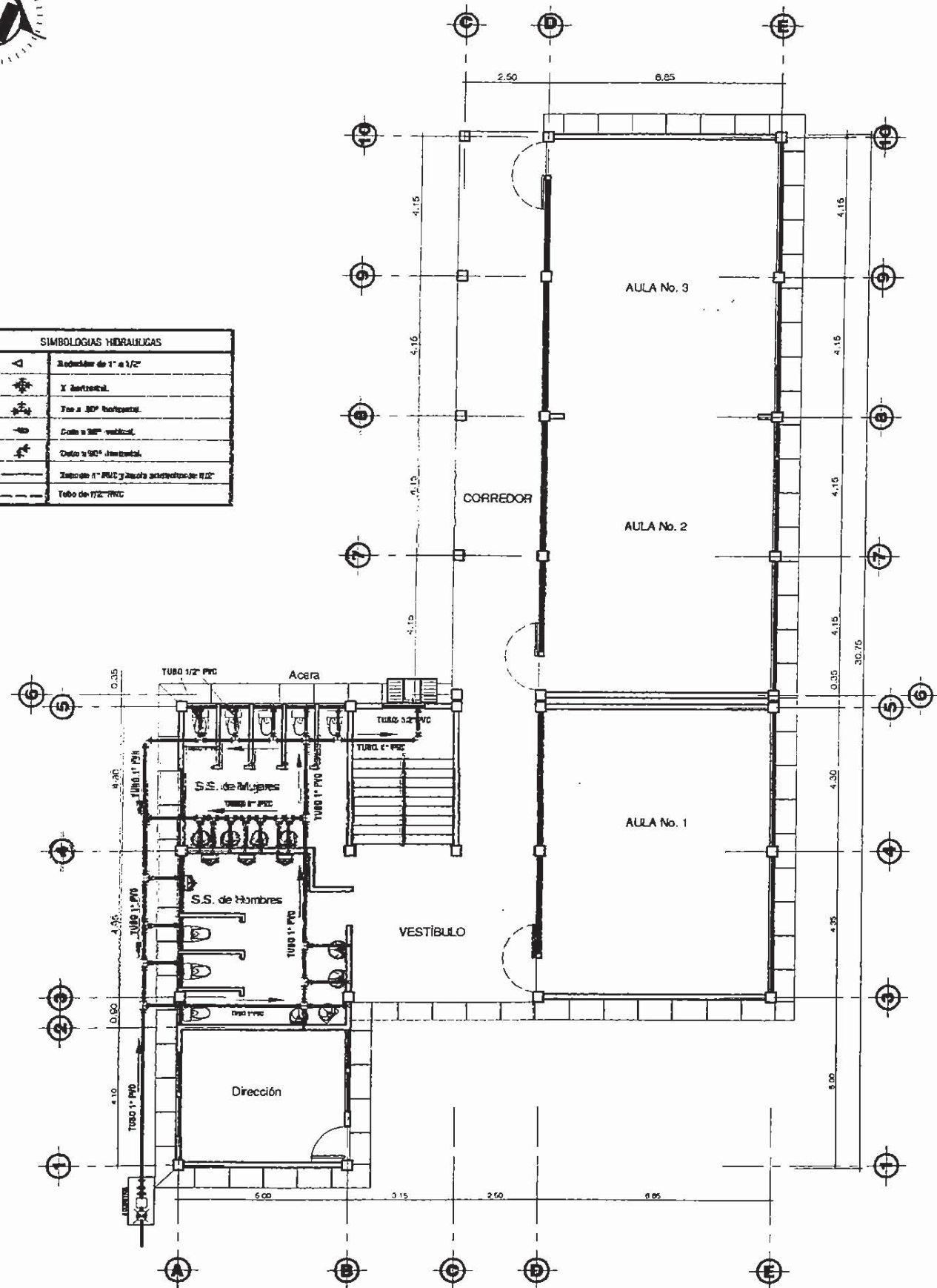
OROS: 0.00 cm



| | | |
|--|---|---|
| UBAC INGENIERÍA CIVIL E.P.S. | INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO RETALHULEU, RETALHULEU. | |
| | UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: INDICADA |
| CONTENIDO: DETALLES DE VIGAS + SECCIONES | FECHA: JUNIO 2, 012 | TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C. |
| DISEÑO: ADRIANA MARTINEZ C. | HOJA N°: 11 | TOTAL: 16 |
| CÁLCULO: ADRIANA MARTINEZ C. | DISEÑO: ADRIANA CAMPOS PEREIRA | |
| PASADO: ADRIANA MARTINEZ C. | | |



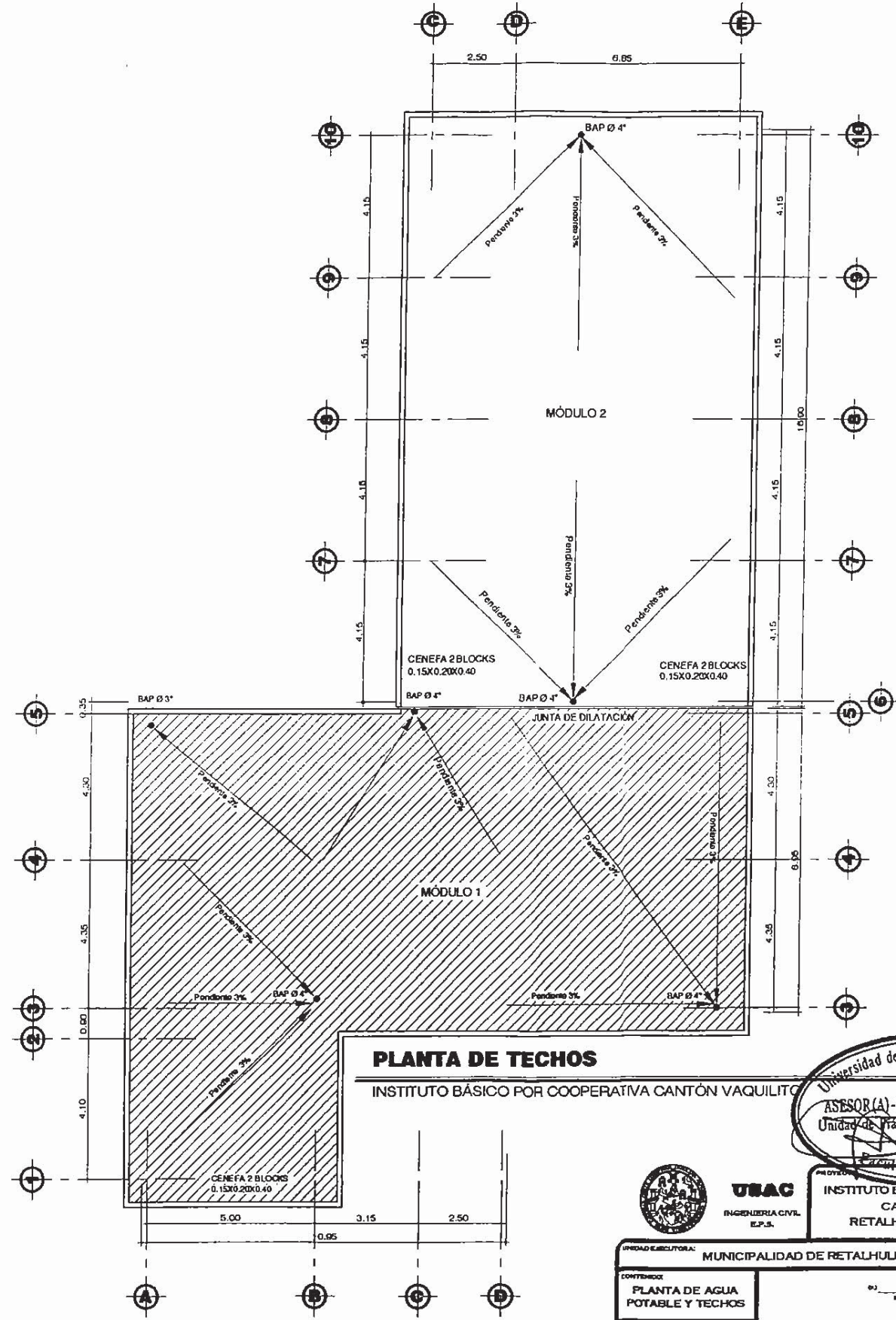
| SIMBOLOGIA HIDRAULICA | |
|-----------------------|--|
| | Tubo de 1" a 1 1/2" |
| | V horizontal |
| | V 90° horizontal |
| | V 90° vertical |
| | V 45° horizontal |
| | Tubo de 1" PVC y codo de 90° de 1 1/2" |
| | Tubo de 1" PVC |



PLANTA DE INSTALACIONES DE AGUA POTABLE

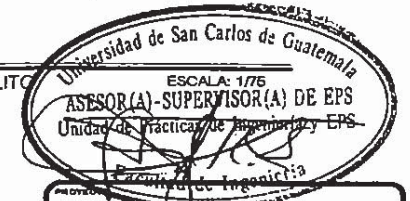
INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

ESCALA: 1/75



PLANTA DE TECHOS

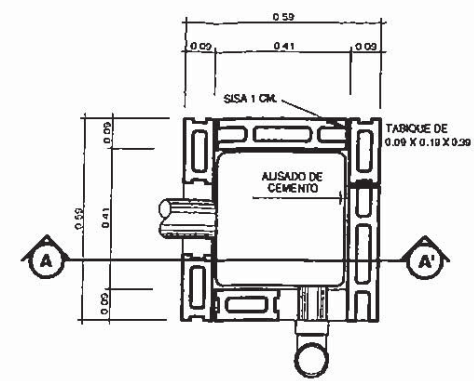
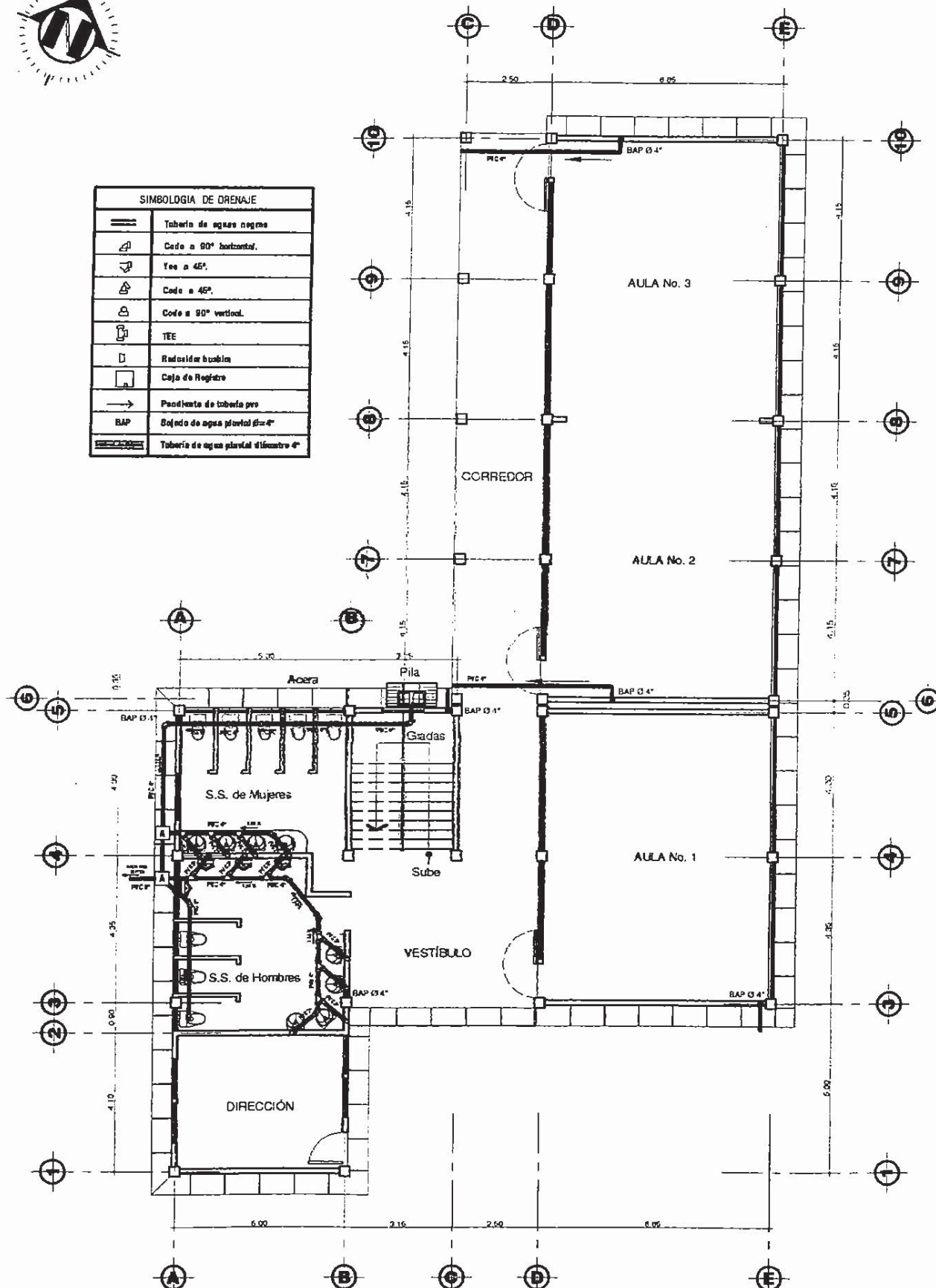
INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO



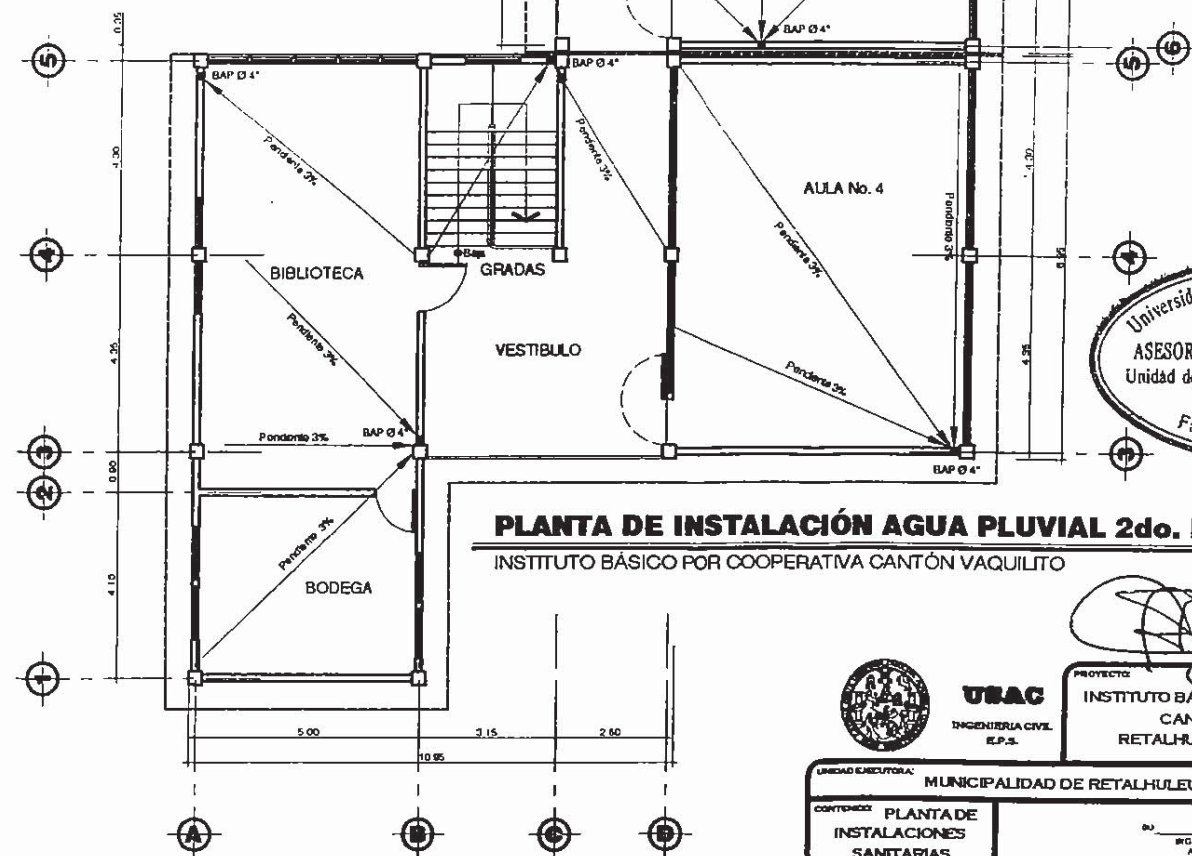
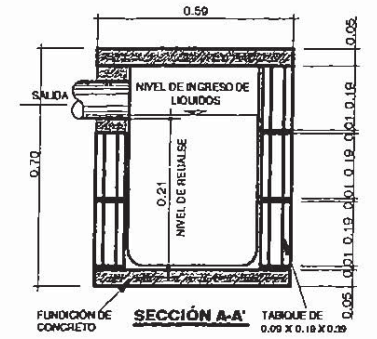
| | | |
|---|--|---|
| <p>USAC INGENIERIA CIVIL E.P.S.</p> | <p>INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO, RETALHULEU.</p> | |
| | <p>UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU</p> | <p>ESCALA: INDICADA</p> |
| <p>CONTENIDO: PLANTA DE AGUA POTABLE Y TECHOS</p> | <p>FECHA: JUNIO 2, 012</p> | <p>TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C.</p> |
| <p>DISEÑO: ADRIANA MARTINEZ C.</p> | <p>MOZA NRO: 12</p> | <p>PROYECTO: ADRIANA CAMPOS E PERRERA</p> |
| <p>CÁLCULO: ADRIANA MARTINEZ C.</p> | <p>ALCALDE AUXILIAR: LEONIDAS AGUILÓN</p> | <p>16</p> |
| <p>OPERA: ADRIANA MARTINEZ C.</p> | <p>ALCALDE: MIGUEL ANGEL ASCOR</p> | |



| SIMBOLOGIA DE DRENAJE | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| | Tubería de aguas negras |
| | Codo a 90° horizontal |
| | Tee a 45° |
| | Codo a 45° |
| | Codo a 90° vertical |
| | TEE |
| | Reducción tubería |
| | Caja de Registro |
| | Pendiente de tubería por |
| | BAP de agua pluvial 4" |
| | Tubería de agua pluvial diámetro 4" |



PLANTA CAJA DE REGISTRO



PLANTA DE INSTALACIÓN AGUA PLUVIAL 2do. NIVEL
INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO ESCALA: 1/75

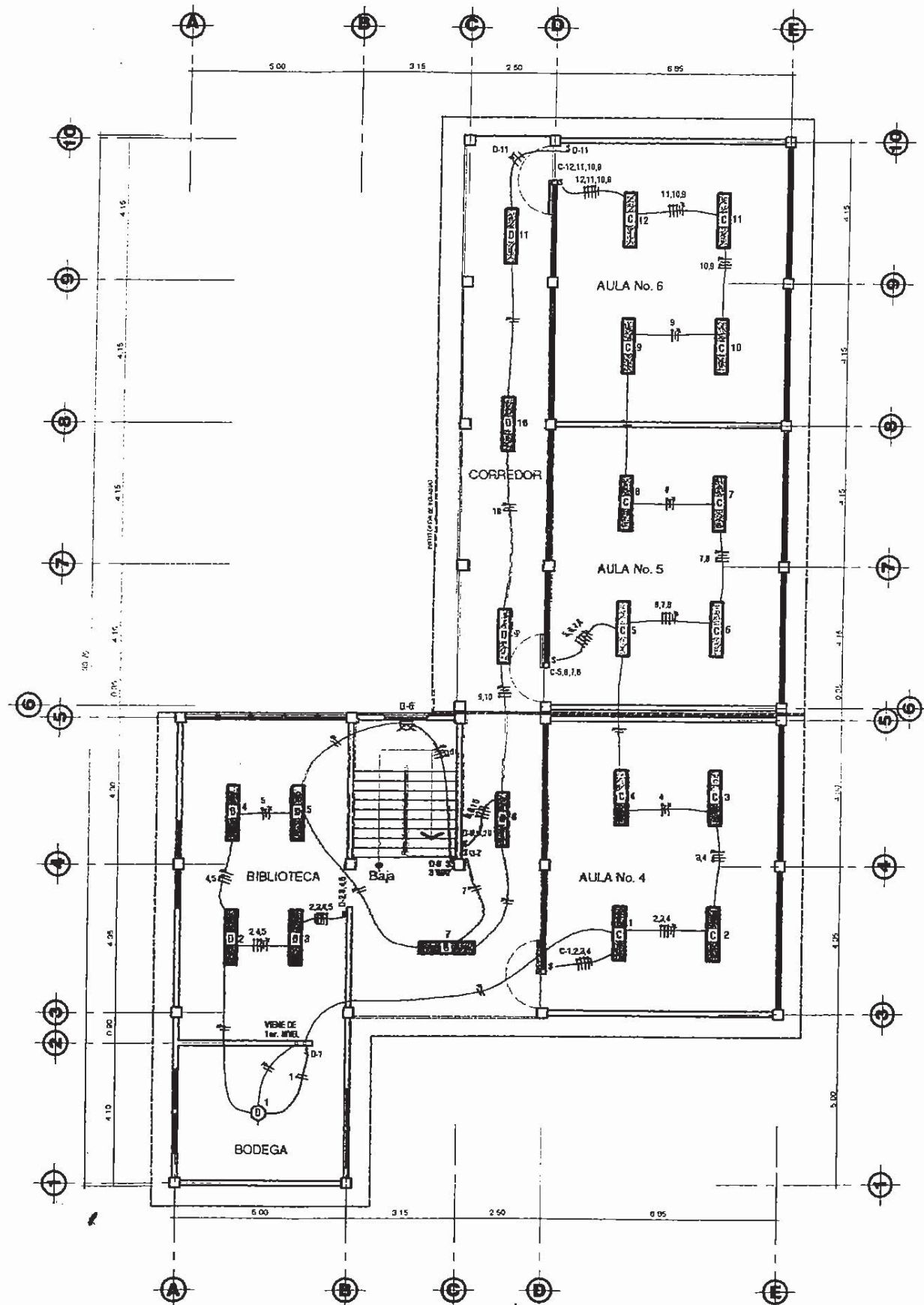
Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

PLANTA DE INSTALACIÓN DE DRENAJES

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

ESCALA: 1/75

| | | | |
|--|---|--|--|
| <p>UICAC INGENIERIA CIVIL E.P.S.</p> | | <p>PROYECTO: INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO RETALHULEU, RETALHULEU.</p> | |
| <p>UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU</p> | <p>ESCALA: INDICADA</p> | <p>FECHA: JUNIO 2, 2012</p> | <p>TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C.</p> |
| <p>CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIONES SANITARIAS</p> | <p>DISEÑADA POR: ADRIANA MARTINEZ C.</p> | <p>REVISADO POR: ING. ARGEL SIC ASESOR</p> | <p>HOJA N°: 13 / 16</p> |
| <p>CALECALO: ADRIANA MARTINEZ C.</p> | <p>ALCALDE AUXILIAR: LEONIDAS AGUIRRE</p> | <p>ALCALDE: ADRIANA CAMPOS EPESBETA</p> | |



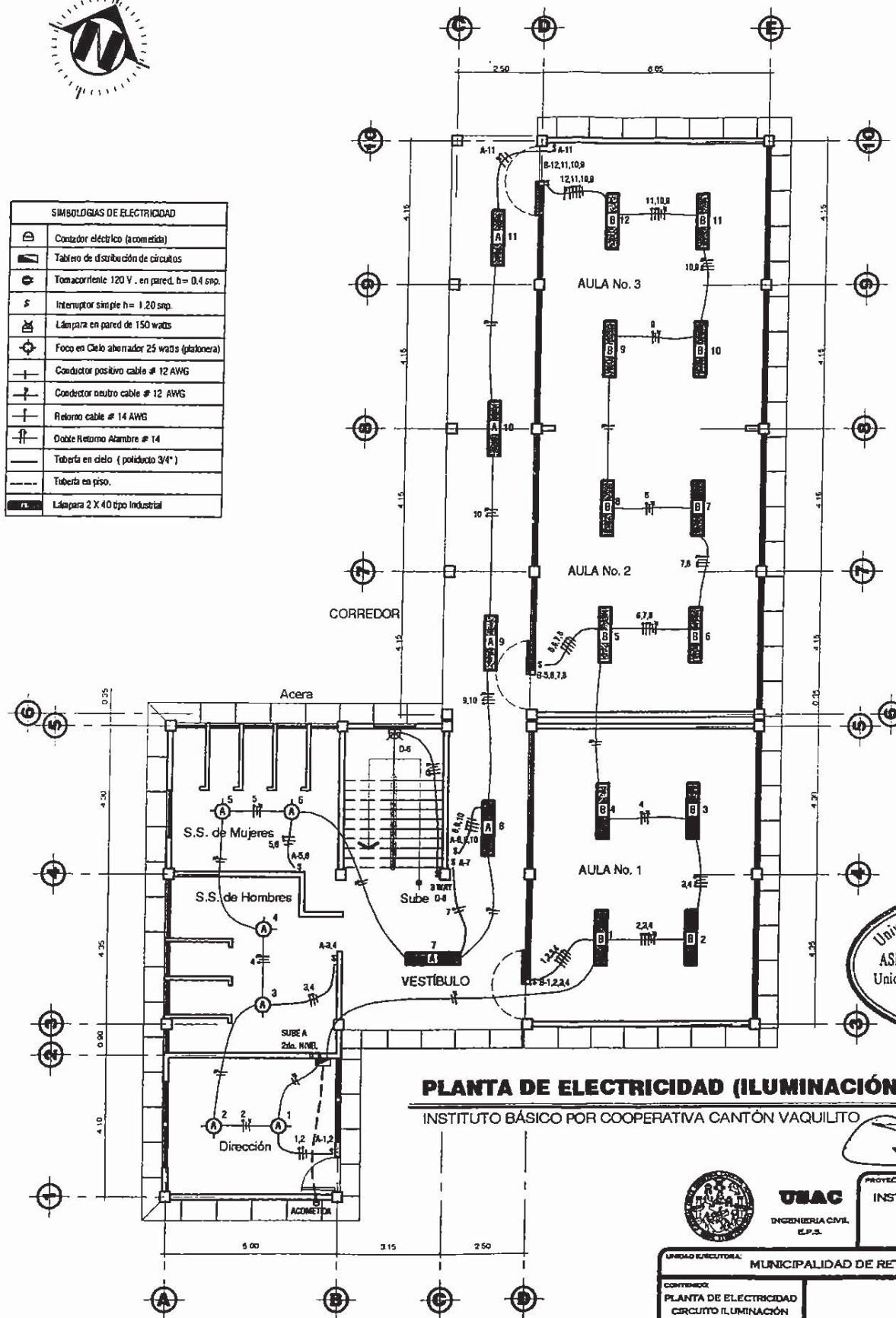
PLANTA DE ELECTRICIDAD (ILUMINACIÓN) 2DO. NIVEL

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

ESCALA: 1/75



| SIMBOLOGÍAS DE ELECTRICIDAD | |
|-----------------------------|---|
| | Contador eléctrico (a comedia) |
| | Tablero de distribución de circuitos |
| | Tomacorriente 120 V. en pared, h= 0.4 sup. |
| | Interruptor simple h= 1.20 sup. |
| | Lámpara en pared de 150 watts |
| | Foco en Cielo ahorrador 25 watts (plastera) |
| | Conductor positivo cable # 12 AWG |
| | Conductor neutro cable # 12 AWG |
| | Retorno cable # 14 AWG |
| | Doble Retorno Alambre # 14 |
| | Tubería en cielo (poliducto 3/4") |
| | Tubería en piso. |
| | Lámpara 2 X 40 tipo Industrial |



PLANTA DE ELECTRICIDAD (ILUMINACIÓN) 1ER. NIVEL

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

ESCALA: 1/75



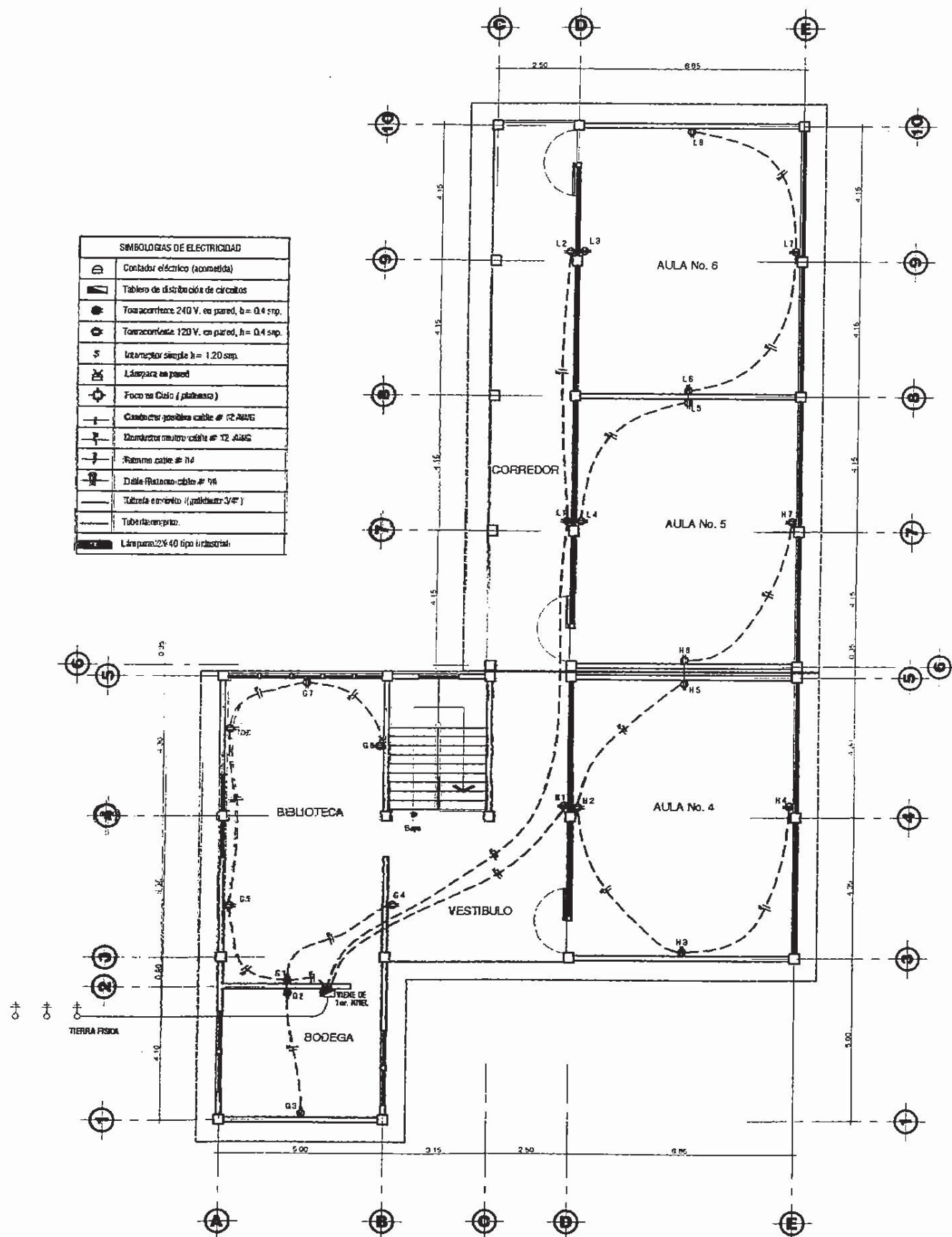
UNAC
INGENIERIA CIVIL
E.P.S.

PROYECTO:
INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO RETALHULEU, RETALHULEU.

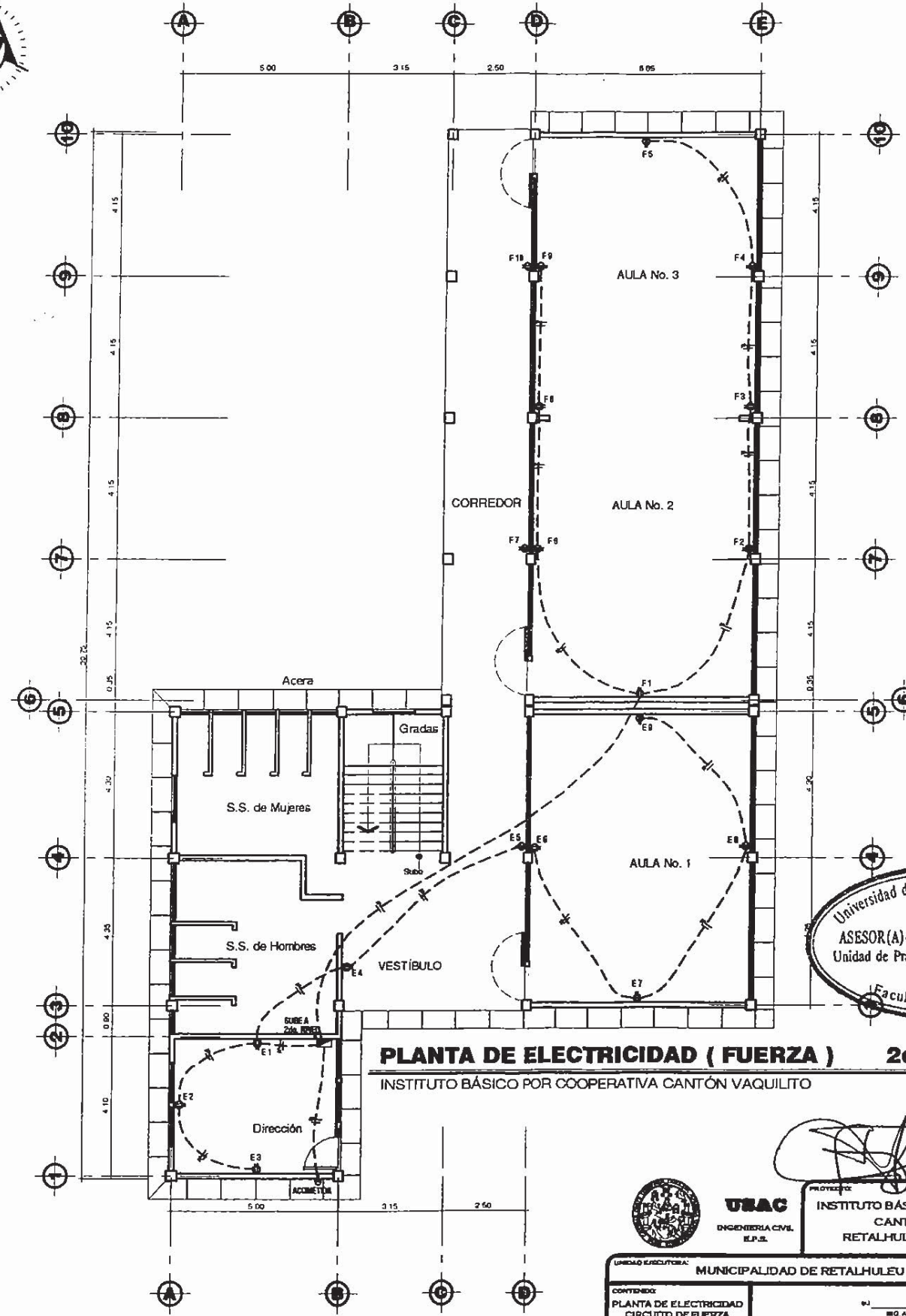
| UNIDAD EJECUTORA: | MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: | INDICADA |
|-------------------|--|-------------|---------------------|
| CONTENIDO: | PLANTA DE ELECTRICIDAD CIRCUITO ILUMINACIÓN | FECHA: | JUNIO 2012 |
| DIBUJÓ: | ADRIANA MARTINEZ C. | TOPOGRAFIA: | ADRIANA MARTINEZ C. |
| CALCULO: | ADRIANA MARTINEZ C. | HOJA NRO: | 14 |
| CHIEF: | ADRIANA CAMPOS EPEREIRA | DE TOTAL: | 16 |



| SIMBOLOGÍAS DE ELECTRICIDAD | |
|-----------------------------|---|
| | Contador eléctrico (acomodado) |
| | Tablero de distribución de circuitos |
| | Tomacorriente 240 V. en pared, h = 0.4 sup. |
| | Tomacorriente 120 V. en pared, h = 0.4 sup. |
| | Interruptor simple h = 1.20 sup. |
| | Lámpara en pared |
| | Foco en Cielo (plafón) |
| | Conductor posición cable # 12 AWG |
| | Conductor neutro cable # 12 AWG |
| | Reserva cable # 14 |
| | Doble Reserva cable # 14 |
| | Tubería o muelle (plafón 3/4") |
| | Tubería resaca |
| | Lámpara 2x40 tipo industrial |



PLANTA DE ELECTRICIDAD (FUERZA) 2do. NIVEL
 INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO ESCALA: 1/75



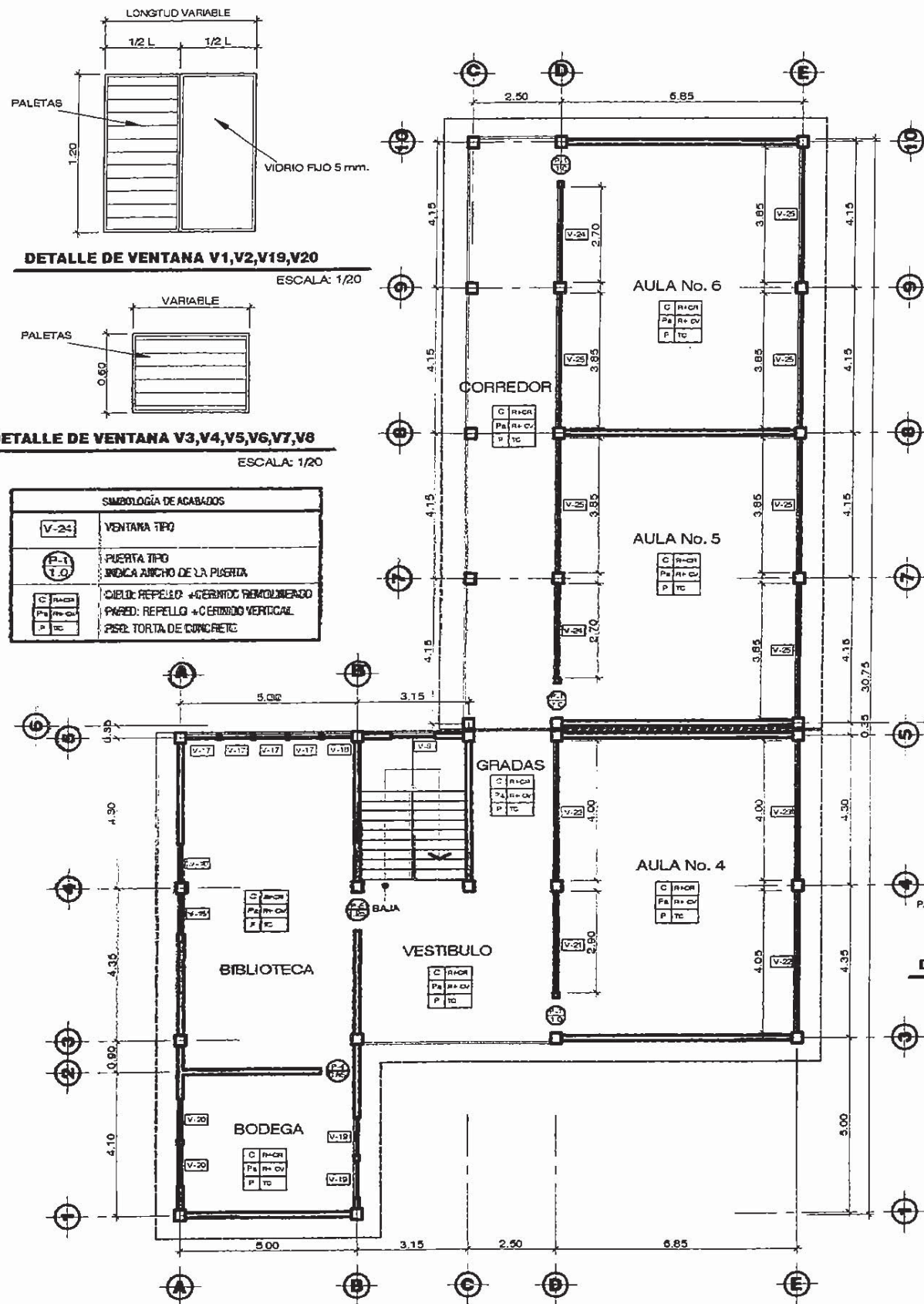
PLANTA DE ELECTRICIDAD (FUERZA) 2do. NIVEL
 INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO ESCALA: 1/75



UNAC
 INGENIERIA CIVIL
 E.P.S.

PROYECTO:
 INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA
 CANTÓN VAQUILITO
 RETALHULEU, RETALHULEU.

| | |
|--|------------------------------------|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: INDICADA |
| CONTENIDO: PLANTA DE ELECTRICIDAD CIRCUITO DE FUERZA | FECHA: JUNIO 2012 |
| DIBUJO: ADRIANA MARTINEZ C. | TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C. |
| CALCULO: ADRIANA MARTINEZ C. | HOLLA INK 15 |
| DIRECCIÓN: ADRIANA MARTINEZ C. | ALFARERÍA CAMPEÓN EPRESA 16 |



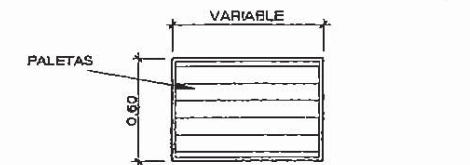
PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

ESCALA: 1/75

NOTA: Altura de azulejo en baños a 1.20 se usará azulejo blanco de 0.15 x 0.15

DETALLE DE VENTANA V1,V2,V19,V20
ESCALA: 1/20



DETALLE DE VENTANA V3,V4,V5,V6,V7,V8
ESCALA: 1/20

Simbología de Acabados

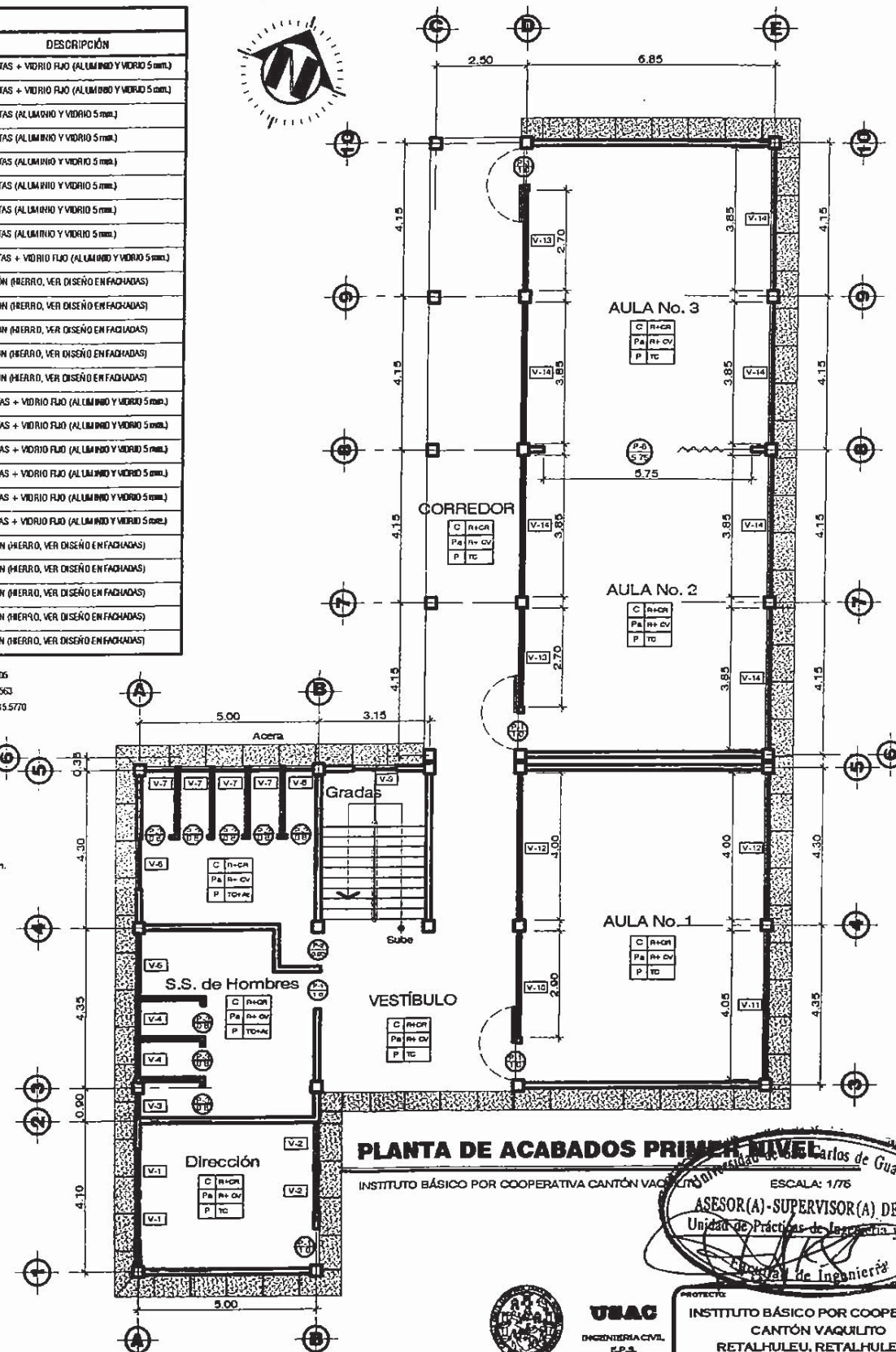
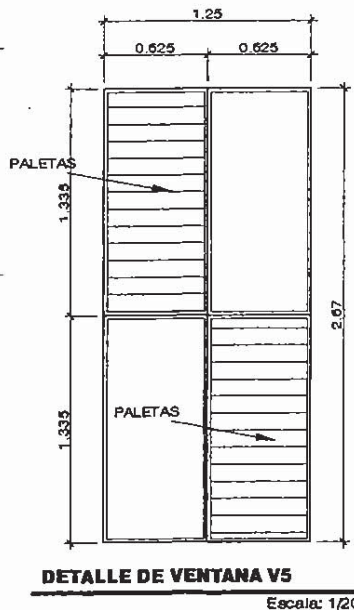
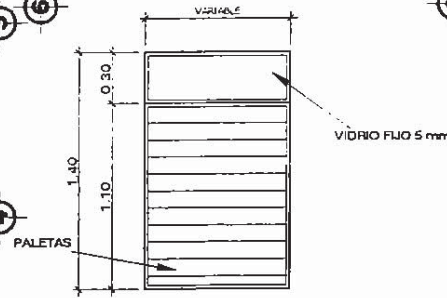
| | |
|------------------------------|---|
| V-24 | VENTANA TIPO |
| P-1 | PUERTA TIPO INDICA ANCHO DE LA PUERTA |
| C R-HOR Pa R-H-CV P TC | CIELO: REPELLO + GERMINO REMOLINERADO PARED: REPELLO + CERIMIDO VERTICAL PSD: TORTA DE CONCRETO |

PLANILLA DE VENTANAS

| TIPO | SILLAR | DINTEL | UNIDADES | ANCHO | ALTO | DESCRIPCIÓN |
|------|--------|--------|----------|-------|------|---|
| V-1 | 0.98 | 2.18 | 2 | 1.18 | 1.20 | PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-2 | 0.90 | 2.10 | 2 | 1.14 | 1.20 | PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-3 | 2.23 | 2.93 | 1 | 0.87 | 0.80 | PALETAS (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-4 | 2.30 | 2.93 | 2 | 1.00 | 0.80 | PALETAS (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-5 | 2.23 | 2.93 | 1 | 1.72 | 0.80 | PALETAS (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-6 | 2.23 | 2.93 | 1 | 1.28 | 0.80 | PALETAS (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-7 | 2.33 | 2.93 | 4 | 0.88 | 0.80 | PALETAS (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-8 | 2.33 | 2.93 | 1 | 0.80 | 0.80 | PALETAS (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-9 | 2.23 | 4.00 | 1 | 1.28 | 2.67 | PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-10 | 1.80 | 2.93 | 1 | 2.90 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |
| V-11 | 1.80 | 2.93 | 1 | 4.05 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |
| V-12 | 1.80 | 2.93 | 2 | 4.00 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |
| V-13 | 1.80 | 2.93 | 2 | 2.70 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |
| V-14 | 1.80 | 2.93 | 6 | 3.85 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |
| V-15 | 0.98 | 2.88 | 1 | 1.16 | 1.80 | PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-16 | 0.98 | 2.88 | 1 | 1.10 | 1.80 | PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-17 | 1.27 | 2.67 | 4 | 0.88 | 1.40 | PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-18 | 1.27 | 2.67 | 1 | 0.80 | 1.40 | PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-19 | 0.90 | 2.30 | 2 | 1.08 | 1.40 | PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-20 | 0.98 | 2.38 | 2 | 1.16 | 1.40 | PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) |
| V-21 | 1.34 | 2.67 | 1 | 2.90 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |
| V-22 | 1.34 | 2.67 | 1 | 4.08 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |
| V-23 | 1.34 | 2.67 | 2 | 4.00 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |
| V-24 | 1.34 | 2.67 | 2 | 2.70 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |
| V-25 | 1.34 | 2.67 | 6 | 3.88 | 1.33 | BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) |

PALETAS + VIDRIO FIJO (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) TOTAL DE M² PALETAS = 13.6705
 BALCÓN (HIERRO, VER DISEÑO EN FACHADAS) TOTAL DE M² VIDRIO FIJO = 8.8563
 PALETAS (ALUMINIO Y VIDRIO 5mm) TOTAL DE M² BALCÓN HIERRO = 115.5770
 TOTAL DE M² PALETAS = 6.054

DETALLE DE VENTANA V15,V16,V17,V18
ESCALA: 1/20



PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO

ESCALA: 1/75
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Universidad de Ingeniería

UNAC
INGENIERIA CIVIL
E.P.S.

PROYECTO: INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA CANTÓN VAQUILITO
RETALHULEU, RETALHULEU.

| | |
|---|---------------------------------|
| UNIDAD EJECUTORA: MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU | ESCALA: INDICADA |
| CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS | FECHA: JUNIO 2012 |
| DIBUJÓ: ADRIANA MARTINEZ C. | TOPOGRAFIA: ADRIANA MARTINEZ C. |
| CALCULO: ADRIANA MARTINEZ C. | NOVA: 16 |
| OTRO: ADRIANA MARTINEZ C. | 16 |

PLANILLA DE PUERTAS

| TIPO | ANCHO | ALTO | UNIDADES | DESCRIPCIÓN |
|------|-------|------|----------|-----------------------------------|
| P-1 | 1.00 | 2.10 | 8 | PLER DA METALICA PARA EXTERIORES |
| P-2 | 0.82 | 2.10 | 1 | PLER DA METALICA PARA EXTERIORES |
| P-3 | 0.80 | 2.18 | 8 | PLER DA DE PLYWOOD PARA SANNIROS |
| P-4 | 0.86 | 2.10 | 1 | PLER DA DE MADERA PARA INTERIORES |
| P-5 | 1.28 | 2.10 | 1 | PLER DA METALICA |
| P-6 | 0.78 | 2.00 | 1 | PLER DA DE MADERA PL. EGABLE |