



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

**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.**

Selvin Ariel Hidalgo Morales

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



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

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V:	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR:	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR:	Ing. Silvio Rodríguez Serrano
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo 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 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,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de febrero de 2009.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'S' followed by 'A', 'H', 'I', 'D', 'A', 'L', 'G', 'O', 'M', 'O', 'R', 'A', 'L', 'E', 'S'. The signature is enclosed within a circular scribble.

Selvin Ariel Hidalgo Morales



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 15 de octubre de 2009.
Ref.EPS.DOC.1465.10.09.

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.), del estudiante universitario **Selvin Ariel Hidalgo Morales** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **199811512**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“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”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todas”

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

c.c. Archivo
ARSG/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 15 de octubre de 2009.
Ref.EPS.D.710.10.09

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Samuels Milson.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"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"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Selvin Ariel Hidalgo Morales**, quien fue debidamente asesorado y supervisado 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. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



Guatemala,
3 de noviembre de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

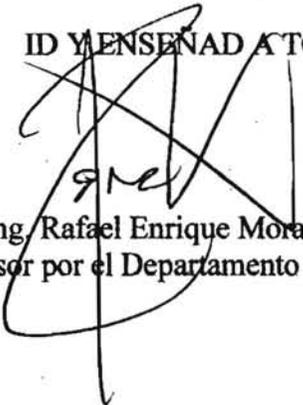
Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **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**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Selvin Ariel Hidalgo Morales, 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. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



Guatemala,
3 de noviembre de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **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**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Selvin Ariel Hidalgo Morales, 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. Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Selvin Ariel Hidalgo Morales, titulado 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, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECTOR
USAC

Guatemala, Febrero 2010.

/lga.



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 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**, presentado por el estudiante universitario **Selvin Ariel Hidalgo Morales**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, febrero de 2010

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS:** Por haberme regalado la vida y la oportunidad de haber cumplido mi sueño, a Él sea la gloria.
- MIS PADRES:** Ovidio A. Hidalgo Rodríguez y Thelma Morales Santos de Hidalgo, por saberme guiar por los buenos caminos en los días difíciles, que mi logro es por el apoyo que me han brindado y gracias a ellos, hoy he alcanzado esta meta.
- MIS HERMANOS:** Mariela, Fabiola y Ronaldo, por la motivación y apoyo que en ellos he sentido y me han brindado.
- MIS ABUELOS:** Mario Morales (q.e.p.d.), Elisa Santos, Eulalia de Hidalgo (q.e.p.d.), y con especial cariño a Prudencio Hidalgo (q.e.p.d.) ya que mis primeros pasos fueron cuidados con mucho amor, y por el gran valor que ha dejado huella por el camino de mi vida.
- RETALHULEU:** Tierra que me vio nacer, crecer y hoy me ve alcanzar este triunfo.
- LA USAC:** Por darme la oportunidad que en ella lograra alcanzar mi sueño.
- LA FACULTAD:** Por albergarme en sus aulas y darme el conocimiento de la Ingeniería Civil.

AGRADECIMIENTOS A:

El departamento del área de planeamiento de la municipalidad de Mixco.

El personal de Lagun Artén.

El equipo de trabajo de Consorcio Bizkaia.

El personal de la OMP de la municipalidad de Santa Catarina Ixtahuacán.

Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá por acogerme durante mi EPS y a toda la gente que me brindó su amistad incondicional.

El equipo de trabajo de Despensa Familiar San Miguel Petapa y Villa Nueva en especial a Thelma Tunchez, por todo el apoyo brindado.

Mis amigos y compañeros que fueron parte de mi vida estudiantil.

Todas las personas que de una y otra manera me apoyaron y ayudaron para la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	01
1.1. Monografía	01
1.1.1. Antecedentes históricos.	01
1.1.2. Aspectos físicos.	02
1.1.2.1. Ubicación geográfica y extensión territorial.	02
1.1.2.2. Datos demográficos.	03
1.1.2.3. Clima.	04
1.1.2.4. Actividades productivas.	04
1.1.2.5. Idioma.	06
1.1.2.6. División política-administrativo.	07
1.1.2.7. Situación socioeconómica.	07
1.1.2.8. Indicadores de desarrollo.	07
1.1.2.9. Servicios públicos.	08
1.1.2.9.1. Educación.	08
1.1.2.9.2. Comunicación.	08
1.1.2.9.3. Salud.	08
1.1.2.9.4. Agua potable.	09
1.1.2.9.5. Drenaje.	10
1.1.2.9.6. Energía eléctrica.	10

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.	11
2.1. Diseño de la rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua para la cabecera del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán Sololá.	11
2.1.1. Descripción del sistema actual.	11
2.1.2. Captaciones.	11
2.1.2.1. Tipos de captaciones.	12
2.1.2.2. Tipos de fuentes de agua.	12
2.1.3. Estudio de la población.	13
2.1.3.1. Población actual.	13
2.1.3.2. Población futura.	13
2.1.3.3. Método de estudio de población.	14
2.1.4. Factores de diseño.	14
2.1.4.1. Período de diseño.	14
2.1.4.2. Población de diseño.	14
2.1.4.3. Caudal de aforo.	15
2.1.4.4. Dotación para el sistema.	15
2.1.4.5. Criterios y normas sobre la calidad del agua.	16
2.1.4.6. Análisis del agua.	16
2.1.4.6.1. Exámenes físico-químicos.	17
2.1.4.6.2. Exámenes bacteriológicos.	17
2.1.5. Levantamiento topográfico.	17
2.1.5.1. Planimetría.	18
2.1.5.2. Altimetría.	19
2.1.6. Determinación de caudales.	19
2.1.6.1. Caudal medio diario.	19
2.1.6.2. Caudal máximo diario.	20
2.1.6.3. Caudal máximo horario.	20
2.1.6.4. Caudal instantáneo.	21

2.1.6.5.	Caudal por bombeo.	22
2.1.7.	Diseño de nueva línea de conducción.	22
2.1.7.1.	Diseño de la línea de conducción por gravedad.	22
2.1.7.1.1.	Presión estática.	24
2.1.7.1.2.	Presión dinámica.	25
2.1.7.1.3.	Obras de arte.	25
2.1.7.1.3.1.	Caja rompe-presión.	25
2.1.7.1.4.	Válvulas.	26
2.1.7.1.4.1.	Válvula de aire.	26
2.1.7.1.4.2.	Válvula de limpieza.	27
2.1.8.	Diseño de la línea de impulsión.	27
2.1.8.1.	Caudal de bombeo.	29
2.1.8.2.	Carga dinámica total.	31
2.1.8.3.	Potencia de bomba.	33
2.1.8.4.	Verificación de la sobre presión o golpe de ariete.	34
2.1.8.5.	Cálculo del sistema de bombeo.	35
2.1.8.6.	Verificación de cavitación.	35
2.1.8.7.	Especificaciones del equipo de bombeo.	37
2.1.9.	Desinfección.	38
2.1.10.	Programa de operación y mantenimiento.	39
2.1.11.	Gastos.	43
2.1.11.1.	Gastos de administración.	43
2.1.11.2.	Gastos de operación.	44
2.1.11.3.	Gastos por mantenimiento.	44
2.1.11.4.	Gastos de tratamiento.	45
2.1.11.5.	Inflación.	46
2.1.12.	Propuesta de tarifa.	47
2.1.12.1.	Tipos de tarifa.	47
2.1.12.1.1.	Sistema uniforme.	47

2.1.12.1.2.	Sistema unitario.	47
2.1.12.1.3.	Sistema diferencial.	47
2.1.13.	Presupuesto.	49
2.1.14.	Evaluación socio-económica.	50
2.1.14.1.	Valor presente neto (V.P.N.).	50
2.1.15.	Evaluación de impacto ambiental.	51
2.1.16.	Cronograma de ejecución.	53
2.2.	Diseño de un módulo de aulas para la Escuela Oficial Rural Mixta de la aldea Chirijox.	55
2.2.1.	Descripción del problema.	55
2.2.1.1.	Diseño del modulo de aulas de dos niveles.	55
2.2.1.2.	Descripción del proyecto.	55
2.2.1.3.	Estudio de suelos.	56
2.2.1.4.	Diseño estructural.	56
2.2.1.4.1.	Estructuración.	56
2.2.1.4.1.1.	Selección del sistema estructural a utilizar.	57
2.2.1.4.1.2.	Diseño arquitectónico.	57
2.2.1.4.1.2.1.	Requerimiento de áreas.	58
2.2.1.4.1.2.2.	Distribución de espacios.	58
2.2.1.4.1.2.3.	Alturas y cotas.	59
2.2.1.5.	Construcción en clima cálido y clima frío.	59
2.2.2.	Análisis estructural del edificio.	59
2.2.2.1.	Pre-dimensionamiento estructural.	60
2.2.2.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles.	62
2.2.2.3.	Cargas verticales y horizontales aplicadas a marcos dúctiles.	63
2.2.2.4.	Fuerzas internas halladas con un método de análisis estructural.	79
2.2.2.5.	Momentos últimos por envolvente de momentos.	91

2.2.2.6.	Diagrama de momentos y corte.	95
2.2.3.	Dimensionamiento.	98
2.2.3.1.	Diseño de losas.	98
2.2.3.1.1.	Losas nivel 1.	99
2.2.3.1.2.	Losas nivel 2.	105
2.2.3.2.	Diseño de vigas.	111
2.2.3.3.	Diseño de columnas.	115
2.2.3.4.	Diseño de cimientos.	126
2.2.3.5.	Diseño de gradas.	134
2.2.4.	Instalaciones.	136
2.2.4.1.	Instalaciones eléctricas.	136
2.2.5.	Presupuesto.	136
2.2.6.	Cronograma.	138
2.3.	Estudio de Impacto Ambiental.	139
2.3.1.	Amenazas potenciales.	139
2.3.1.1.	Fase de construcción.	139
2.3.1.2.	Fase de operación.	140
2.3.2.	Tipos de vulnerabilidad de la población.	141
2.3.3.	Medidas de mitigación.	141
2.3.3.1.	Medio físico.	141
2.3.3.1.1.	Suelo.	141
2.3.3.1.2.	Hidrología e hidrogeología.	143
2.3.3.1.3.	Ruido.	145
2.3.3.1.4.	Calidad del aire.	146
2.3.3.2.	Medio biótico.	146
2.3.3.2.1.	La flora y vegetación.	146
2.3.3.2.2.	Fauna.	148
2.3.3.3.	Medio socioeconómico.	148
2.3.3.3.1.	Efectos potenciales sobre la población.	148

2.3.3.3.2. Efectos potenciales sobre el sector privado.	149
2.3.3.3.3. Efectos potenciales sobre las infraestructuras y servicios.	149
2.3.3.3.4. Efectos potenciales sobre el patrimonio histórico cultural.	150
2.3.3.3.5. Efectos potenciales sobre los espacios naturales protegidos.	150
2.3.3.4. Medio perceptual.	150
2.3.3.4.1. Efectos potenciales sobre el paisaje.	150
CONCLUSIONES	153
RECOMENDACIONES	155
BIBLIOGRAFÍA	157
ANEXOS	159

APÉNDICE 1

Planos de línea de conducción de agua.

Planos estructurales, edificio escolar escuela aldea Chirijox.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Localización del departamento de Sololá	2
2. Vías de acceso al departamento de Sololá	3
3. Climas del departamento de Sololá	6
4. Comparación entre ebullición y cavitación	35
5. Modelo matemático de la estructura en el sentido $y - y$	62
6. Modelo matemático de la estructura en el sentido $x - x$	63
7. Planta típica, edificio escolar escuela aldea Chirijox	64
8. Simetría del edificio escolar escuela aldea Chirijox	72
9. Marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido X	78
10. Marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido Y	79
11. Diagrama de momentos (Kg-m)-carga muerta – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido Y, edificio escolar escuela aldea Chirijox	90
12. Diagrama de momentos (Kg-m)- carga viva – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido Y, edificio escolar escuela aldea Chirijox	90
13. Diagrama de momentos (Kg-m) – carga sísmica – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido Y, edificio escolar escuela aldea Chirijox	91
14. Modelo matemático de las vigas para el cálculo de sus reacciones en los apoyos	94
15. Diagrama de envolvente de momentos últimos (Kg-m) – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido y , edificio escolar escuela aldea Chirijox	96

16. Diagrama de cortes últimos (Kg.) – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido y, edificio escolar escuela aldea Chirijox	96
17. Diagrama de cortes últimos (Kg-m.) – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido X, edificio escolar escuela aldea Chirijox	97
18. Diagrama de cortes últimos (Kg.) – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido X, edificio escolar escuela aldea Chirijox	97
19. Losas del edificio escolar escuela aldea Chirijox	99
20. Planta de momentos en losa típica – nivel 1	101
21. Planta de momentos balanceados en losa típicas – nivel 1	103
22. Planta de momentos actuantes en losas típicas – nivel 2	107
23. Planta de momentos balanceados en losas típicas – nivel 2	108
24. Diagrama de momentos y cortes últimos de la viga tipo 1 (FI)	111
25. Desplante de zapata del edificio escolar escuela aldea Chirijox	127
26. Corte simple	130
27. Corte punzonante	131
28. Dimensión de escalera, edificio escolar escuela aldea Chirijox	135
29. Distribución de carga y momento para las gradas	136

TABLAS

I. Tarifa actual propuesta	48
II. Ajuste de tarifa	48
III. Presupuesto sistema de agua	49
IV. Fuerza por nivel, edificio escolar escuela aldea Chirijox	70
V. Cálculo del centro de rigidez en el segundo nivel, edificio escolar aldea Chirijox	74
VI. Fuerza por marco por torsión del segundo nivel, edificio escolar aldea Chirijox	75
VII. Cálculo del centro de rigidez en el primer nivel, edificio escolar escuela aldea Chirijox	76
VIII. Fuerza por marco por torsión del primer nivel, edificio escolar escuela aldea Chirijox	76
IX. Envolvente de momentos en vigas, edificio escolar escuela aldea Chirijox	92
X. Envolvente de momentos en columnas, edificio escolar escuela aldea Chirijox	92
XI. Área de acero requeridas en losas típicas, nivel 1, edificio escolar escuela aldea Chirijox	105
XII. Área de acero requeridas en losas típicas, nivel 2, edificio escolar escuela aldea Chirijox	110
XIII. Cálculo del área de acero para viga tipo 1 (FI), edificio escolar escuela aldea Chirijox	112
XIV. Cálculo de vigas, edificio escolar escuela aldea Chirijox	115
XV. Cálculo de columnas, edificio escolar escuela aldea Chirijox	126
XVI. Presupuesto, edificio escolar para la escuela aldea Chirijox	137
XVII. Medios afectados según la fase del proyecto	141

LISTA DE SÍMBOLOS

A_{ch}	Área del núcleo confinado
A_g	Área gruesa de una columna
A_{s(+)}	Área de acero a tensión
A_{s(-)}	Área de acero a compresión
A_{st}	Área total de acero longitudinal
A_T	Área tributaria de un elemento
A_v	Área de varilla de estribo
b	Ancho de un elemento
C	Coefficiente de capacidad hidráulica
CDT	Carga dinámica total
CM	Carga muerta
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
CR	Centro de rigidez
CT_{inicio}	Cota inicial del terreno
CT_{final}	Cota final del terreno
C.T.P.	Costo total del proyecto
CU	Carga última
CV	Carga viva
d	Peralte de un elemento
d_{efec}	Peralte efectivo
e	Excentricidad
e	Eficiencia de la bomba
E	Esbeltez en columna
Ea	Módulo de elasticidad del agua
Ec	Módulo de elasticidad del concreto

EI	Rigidez a la fricción
Es	Módulo de elasticidad del acero
Et	Módulo de elasticidad de la tubería
f'c	Resistencia del concreto a presión a los 28 días
FDM	Factor de día máximo
FHM	Factor de hora máxima
GA	Golpe de ariete
fy	Esfuerzo de fluencia de acero
H	Pérdida de carga
ha	Altura de aspiración
Hab	Habitantes
HB	Horas de bombeo
hd	Diferencia de altura entre nivel de agua y descarga
hf	Pérdida de carga por fricción
HG	Hierro galvanizado
hi	Altura de impulsión
Hm	Carga dinámica total
hs	Diferencia de altura entre nivel de agua y ojo de impulsor
I	Inercia
I_n	Longitud libre entre elementos
Km	Kilometro
Lts/hab/día	Litros habitantes día
lts/seg	Litros sobre segundo
M(-)	Momento negativo
M(+)	Momento positivo
Mb	Momento balanceado
M_{Asmín}	Momento que soporta el acero mínimo
m.c.a.	Metros columna agua
mts	metros

MV	Momento de volteo
P	Carga
PC	Porcentaje de concentración
Pcr	Carga crítica de pandeo de Euler
P_{estática}	Presión estática
Pf	Población futura
Po	Población actual
PVC	Policloruro de vinilo
Qa	Gastos por administración
Qb	Caudal por bombeo
Qc	Caudal de conducción
Qi	Caudal instantáneo
Qm	Caudal medio
Qmd	Caudal máximo diario
Qmh	Caudal máximo horario
Qm.m	Gasto por mantenimiento mensual
r	Recubrimiento
RPM	Revoluciones por minuto
S	Espaciamiento de estribos
S_t	Espaciamiento de acero longitudinal
t	Espesor del elemento
V	Fuerza de corte
v	Velocidad de flujo de la tubería
Vs	Valor del suelo
W	Carga uniformemente distribuida
pb	Falla balanceada
σ	Radio de giro
Ψ	Coeficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación, de una columna

ϕ	Factor de reducción de resistencia
ϕ_{ec}	Diámetro económico en pulgadas

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero determinado por la sección y límite de fluencia del acero, necesario para evitar grietas por los cambios debidos a la temperatura.
Acuífero	Son formaciones geológicas capaces de contener y permitir el movimiento del agua a través de sus poros.
Aforo	Medición del volumen de agua que fluye de una fuente por unidad de tiempo.
Agua potable	Agua sanitariamente segura (sin elementos patógenos ni elementos tóxicos) y que es agradable a los sentidos (inodora incolora e insabora).
Análisis físico-Químico	Conjunto de técnicas y procedimientos de laboratorio mediante los cuales se determinan los componentes físicos y químicos presentes en una muestra de agua.
Azimut	Es el ángulo formado en la dirección horizontal medido a partir del norte (real magnético o arbitrario) en el sentido de las agujas del reloj.

Amplificador de momentos	- Magnificador de Momentos – Factor de seguridad obtenido a partir de la evaluación de los efectos de esbeltez de las columnas.
Bacteria	Microorganismo unicelular procarionte, cuyas diversas especies causan las fermentaciones, enfermedades o putrefacción en los seres vivos o en la materia orgánica.
Cavitación	Formación de bolsas localizadas de vapor dentro del líquido, pero casi siempre en las proximidades de las superficies sólidas que limitan el líquido.
Carga muerta	Son todas aquellas fuerzas que actúan en forma permanente sobre los elementos que la soportan.
Carga viva	Son todas aquellas fuerzas que actúan en forma no permanente sobre los elementos que la soportan.
Caudal	Volumen de agua que fluye por unidad de tiempo.
Cimentación	Subestructura destinada a soportar el peso de la construcción que gravitará sobre ella, la cual transmitirá sobre el terreno las cargas correspondientes de una forma estable y segura.
Concreto reforzado	Mezcla proporcional de cemento, arena de río, piedrín y agua combinada con varillas de hierro corrugado.

Consumo	Volumen de agua que es utilizado por la unidad consumidora que está en función de una serie de factores inherentes a la propia localidad que se abastece y que lo hace variar de una población a otra.
Corte basal	Fuerza aplicada en la base de un edificio, como producto de la acción de un sismo.
Cota piezométrica	Es la altura de presión de agua que se tiene en un punto dado.
Demanda	Es la cantidad de agua que una población requiere para satisfacer sus necesidades.
Desinfectar	Quitar al agua la infección o la propiedad de causarla, destruyendo gérmenes nocivos y evitando su desarrollo.
Dotación	Cantidad de agua asignada a la unidad consumidora, por ejemplo lts/hab/día.
Dureza	Término utilizado para expresar el contenido en el agua de iones de calcio y magnesio que forman compuestos insolubles.
Ductilidad	Capacidad de deformarse sin fractura en el rango inelástico, que presentan algunos materiales.

Envolvente de momentos	Diagrama de momentos donde se superponen los momentos producidos en la estructura, por las combinaciones de cargas, para determinar cuáles son los momentos críticos y proceder a diseñar los elementos de la estructura con ellos.
Esfuerzos	Magnitud de una fuerza por unidad de área.
Efecto de esbeltez	Es la reducción de resistencia de elementos estructurales cuya relación longitud-peralte es grande, cuando son sometidos a compresión axial o flexo-compresión.
Estribos	Elemento de una estructura, elaborado de acero, y su función es resistir el esfuerzo cortante.
Estructura	Ordenamiento de un conjunto de elementos encargado de resistir los efectos de las fuerzas externas de un cuerpo físico. También se le llama a un sistema de elementos que se combinan de una forma ordenada para cumplir una función determinada, por ejemplo: cubrir una longitud, contener un empuje de tierras, cubrir un techo, conducir un caudal determinado, etc.
Excentricidad	Es la distancia que separa el centro de masa del centro de rigidez, cuando no existe simetría en los marcos de la estructura.

Fatiga	Estado que presenta un material después de estar sometido a esfuerzos de forma repetida, por encima de su límite de tenacidad.
Fluencia	Fenómeno que se caracteriza porque un material sufra grandes deformaciones al ser sometido a un esfuerzo constante, antes de producirse la falla, como es el caso del acero a refuerzo.
Longitud de desarrollo	Es la mínima medida de una varilla anclada al concreto, para evitar que falle por adherencia.
Mampostería	Obra de albañilería formada por unidad o bloques de concreto o arcillas unidas con mortero. La mampostería reforzada se da cuando se agrega acero de refuerzo.
Momento	Esfuerzo al que está sometido un cuerpo, resultado de la aplicación de una fuerza a "x" distancia de su centro de masa.
Momento resistente	Es el resultado de multiplicar la fuerza de tensión o la de compresión, por el brazo del par interno.
Momento último de diseño	Es el momento resistente afectado por un factor de magnificación, el cual nos asegura que los elementos estructurales son diseñados para soportar las fuerzas internas actuantes con un cierto margen de seguridad.

Nacimiento	Lugar del brote a la superficie de un acuífero.
Nudo	Punto donde ocurren dos o más elementos de una estructura.
Peso específico	Se define como el peso por unidad de volumen.
Pérdida de carga	Es la energía por unidad de peso del agua que causa la resistencia superficial dentro del conducto, es convertida de energía mecánica a energía térmica. El agua pierde energía por fricción contra las paredes de la tubería, rugosidad, los cambios de diámetro y los cambios de dirección.
Planimetría	Parte de la topografía que trata de la medida de longitud horizontal del terreno y de la medida de superficies horizontales del mismo.
Presión	Fuerza que actúa sobre una superficie o área.
Punzonamiento	Efecto producido por una fuerza que insiste sobre una superficie pequeña, obligando a ésta a penetrar en el interior del elemento o pieza a que pertenece.
Rigidez	Resistencia de un elemento estructural a la deformación.

SEAOC	<i>Structural Engineers Association of California</i> (Asociación de Ingenieros Estructurales de California).
Sedimento	Materia que deja de estar suspensa en el agua, depositándose en el fondo del recipiente que lo contiene debido a la gravedad.
Sismo	Es una sacudida o aceleración de la corteza terrestre, por un acomodamiento de las placas, a una cierta profundidad, partiendo de un epicentro.
Topografía	Es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (o características tridimensionales) de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, del departamento de Sololá; en donde se detallada el procedimiento con el cual se desarrollaron los proyectos.

El mismo se divide en dos fases, la primera contiene la información monográfica del lugar, en la cual se muestra a su vez, aspectos históricos, generales, aspectos físicos, dentro de los cuales sobresalen ubicación geográfica, situación demográfica, clima, situación socioeconómica, servicios públicos de la población en general, que regirán todos los criterios adoptados que dieron vida a dicho proyecto.

La segunda fase presenta el servicio técnico profesional, que contiene los diseños de los proyectos antes mencionados. Aquí es donde se hace las descripciones de los problemas y las soluciones adoptadas correspondientes basadas en criterios técnicos.

En cada proyecto se describe detalladamente la memoria de cálculo, ya que este es un factor importante, pues garantiza el mismo, por lo tanto debe ser eficiente de acuerdo con la capacidad económica y las necesidades de la población a servir.

OBJETIVOS

- **GENERAL:**

Proponer soluciones técnicas para mejorar el impacto de los proyectos de desarrollo rural, para resolver los problemas de servicio de agua potable y los de sobre población en las aulas de la escuela ubicada en la aldea Chirijox, del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá.

- **ESPECÍFICOS:**

1. Realizar el diseño la rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua potable para la cabecera municipal del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá.
2. Realizar el diseño de un módulo de aulas de dos niveles para la escuela rural mixta aldea Chirijox, del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán Sololá.
3. Realizar una investigación de tipo monográfico y un diagnóstico de las necesidades, del municipio.

INTRODUCCIÓN

Santa Catarina Ixtahuacán es un municipio que su cabecera municipal relativamente es nueva, ya que tuvo que ser trasladada por daños causados por el huracán Mitch. Hay muchas necesidades que el pueblo demanda a causa de esta razón.

Con la cooperación de la Oficina Municipal de Planificación se determinaron las necesidades primordiales del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá, estableciéndose que las prioridades son: la rehabilitación del sistema de agua potable para la cabecera municipal, y el diseño de un módulo de aulas de dos niveles para la escuela rural mixta aldea Chirijox, de dicho municipio. El primero, porque el agua es fundamental para desarrollar todas las actividades cotidianas en los hogares; y el segundo, porque esto dará mas espacio entre cada alumno, reduciendo así la sobrepoblación que vive cada aula.

La construcción de estos proyectos servirá para mejorar el nivel y calidad de vida de la población de los sectores beneficiados, logrando con ello un desarrollo económico y social del municipio.

En la primera parte de este trabajo de graduación, se presenta la monografía del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá; en la segunda parte, se describe la fase de servicio técnico profesional, la cual se realizó con base en las necesidades prioritarias del municipio. Esta fase de servicio técnico cuenta con el diseño, planos y presupuesto de los proyectos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán departamento de Sololá.

1.1.1. Antecedentes históricos

En la época prehispánica, esta región fue ocupada por los grupos Ilocab, uno de los tres grandes grupos de la nación K'iche, conocidos también con el nombre de sihá, que significa flor de agua.

El 1 de marzo de 1777, posiblemente haya sido establecido como municipio, ya que no se cuenta con una fecha exacta de su fundación.

Santa Catarina Ixtahuacán perteneció un tiempo al territorio de Totonicapán, pero al final según Decreto Gubernativo 301 de 1,883 al distrito 14 departamentos de Sololá.

Santa Catarina Ixtahuacán fue inscrita en el registro de la propiedad en 1,923 con una extensión territorial de 258 kms², que abarcaba 811 caballerías otorgados y ratificados por Carlos IV en 1790.

En noviembre de 1998, la cabecera municipal fue afectado por el huracán Mich y por las condiciones geológicas, se vió obligando su traslado en el año 2000, al lugar denominado la cumbre de Alaska, para la población empezaba una nueva etapa de vida por recorrer, hoy en día el casco urbano de la Nueva Cabecera Municipal de Santa Catarina Ixtahuacán, es el mas bello de todos los municipio de Sololá gracias al apoyo de Socep.

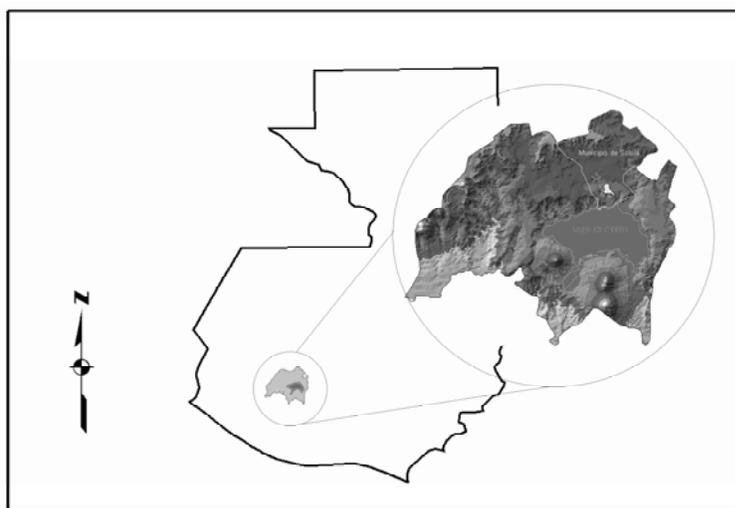
1.1.2. Aspectos físicos

1.1.2.1. Ubicación geográfica y extensión territorial

Santa Catarina Ixtahuacán es el municipio más grande de Sololá por su extensión territorial, conformado por dos sectores, tierra fría que corresponde a las partes altas y boca costa a las partes bajas.

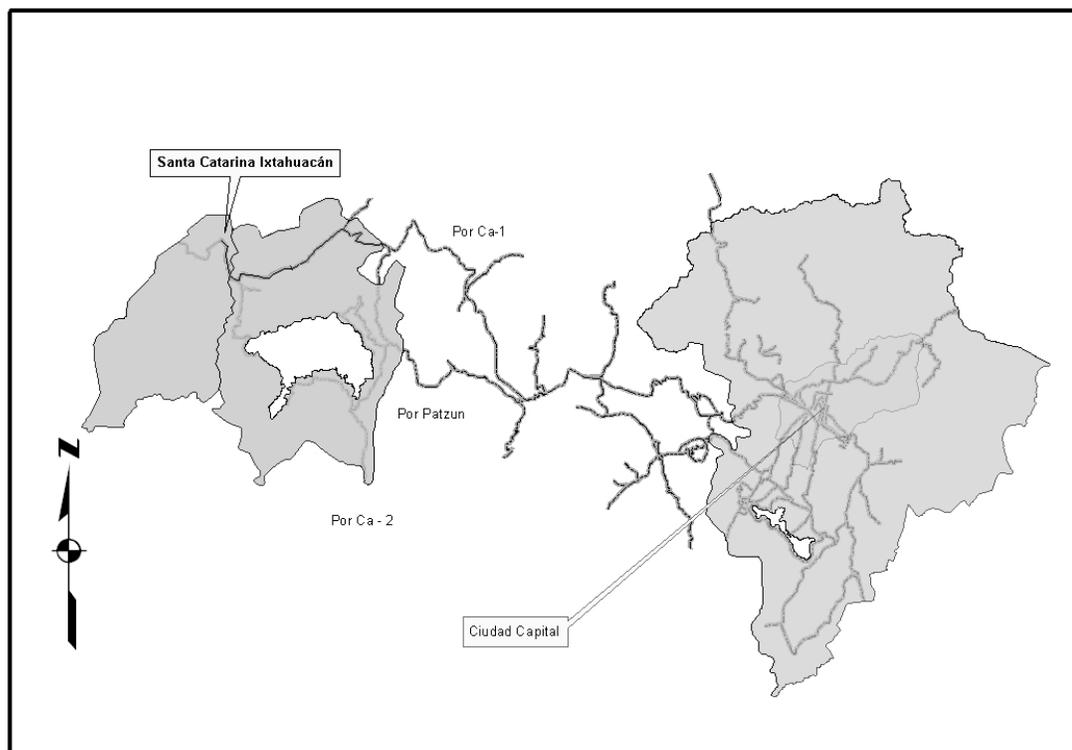
En la actualidad ya solo cuenta con 190 kms² donde una gran parte de estas tierras es mancomunada con el municipio de Nahualá, así mismo habiendo perdido 68 kms² pertenecientes a las regiones de Nahualá, que hoy en día los límites de territorio entre ambos municipios es de mucha discrepancia. La altitud oscila entre 500 a 3100 metros sobre el nivel del mar, a una latitud 14° 47' 50" y longitud 14° 21' 31" con una distancia de la ciudad capital de 171 kilómetros. La estación metereológica más cercana al municipio se encuentra en la aldea el Tablón en el municipio de Santa María Visitación del departamento de Sololá.

Figura 1. Localización del departamento de Sololá



El municipio limita al Norte con Nahualá y Totonicapán; al Sur con Chicacao, Santo Tomas la Unión, San Pablo Jocopilas, Samayac y San Francisco Zapotitlán (Suchitepéquez); al Este con Santa Lucia Uatlán, Santa Clara la Laguna, Santa María Visitación y San Juan la Laguna (Sololá); al Oeste con Cantel, Zunil (Quetzaltenango) y Totonicapán.

Figura 2. Vías de acceso al departamento de Sololá



Principales vías de acceso

1.1.2.2. Datos demográficos

Según censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), el municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, en el año 2002 tenía 47,772 habitantes. La densidad de población era entonces de 251.74 habitantes por kilómetro cuadrado, o sea una densidad por debajo del promedio departamental

(290 hab/km²) pero superior a la media nacional (103 hab/km²). El 50.27 % de la población está constituida por hombres y el 49.73 % por mujeres. La población esta dividida de la manera siguiente: el 77 % de los habitantes viven en el área rural, mientras que un 23 % habita en el área urbana. Según registro en el año 2006 habían 15,075 empadronados vigentes, de los cuales el 60.91 % son empadronados hombres y el 39.09 % son empadronadas mujeres.

1.1.2.3. Clima

El municipio está caracterizado por pertenecer a las tierras altas de la cadena volcánica del occidente del país, con montañas, colinas y pequeños valles pendientes de pie de montaña. En el municipio existe la unidad bioclimática bosque muy húmedo subtropical cálido (BMHSC) con altitudes entre 80 a 1,600 msnm, precipitación pluvial anual entre 2,000 a 4,000 milímetros. El bosque húmedo montano bajo subtropical (BMHMBS) oscila altitudes de 1,500 a 2,400 msnm con precipitación pluvial anual de 1,000 a 2,000 milímetros y el bosque muy húmedo montano bajo subtropical (BMHSC) que corresponde a un clima frío, ya que por lo general afecta a alturas que van desde los 1,800 a 3,500 metros sobre el nivel del mar con precipitaciones pluviales anuales de 2,000 a 4,000 milímetros. Las temperaturas oscilan entre los 24 a 30, 12 a 24 y 5 a 18 grados centígrados respectivamente.

1.1.2.4. Actividades productivas

- Producción agrícola

La principal actividad productiva en la región es la agricultura que ocupa el 50.42% de la producción total, los principales productos que se cultivan están el maíz y frijol que además de ser de ciclo de cultivo anual, se produce con

muchas dificultades debido a la erosión, deterioro de los suelos, vocación diferente, y malas practicas; la papa y hortalizas en las partes bajas y rivera de los riachuelos de la antigua cabecera y el cultivo de café que se produce en la parte baja del municipio.

- Producción pecuaria

La crianza de animales no se ha desarrollado en la comunidad en virtud que no existen las condiciones mínimas y necesarias para ello, sin embargo la producción de ovejas, porcinos y aves de corral se dan a pequeña escala, tanto para la venta como para el consumo familiar. En total se reporta un número de 61 (77%) comunidades con cantidades pequeñas de ovejas y cerdos, en tanto que las aves de corral se reportan en 72 (91%).

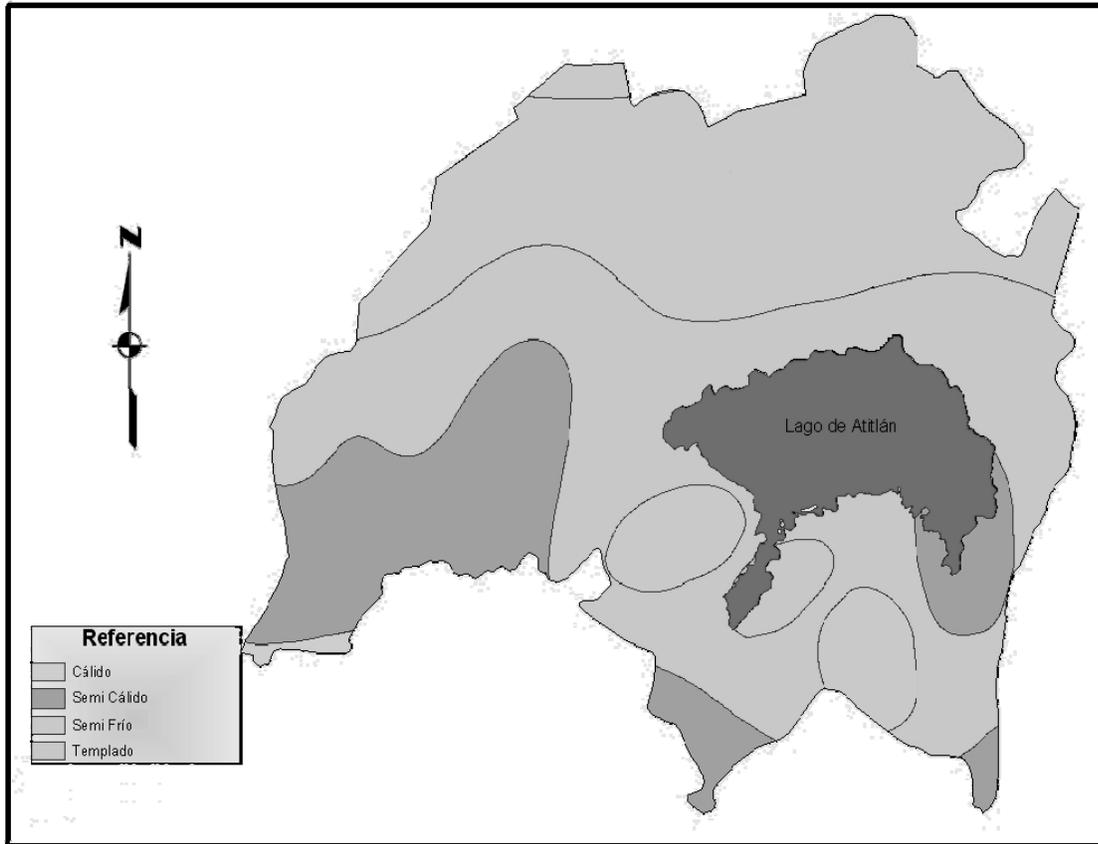
- Producción artesanal

La actividad artesanal que más se practica en el municipio, es la confección de prendas típicas para la vestimenta, tanto del hombre como de la mujer, generalmente se produce para toda la familia. Solamente un pequeño número de familias se dedica a tiempo completo a las actividades artesanales, principalmente en la elaboración de jaspeados, bordados, güipiles y mostacillas. Dichos productos son para venderlos en la misma comunidad, en otras comunidades o bien en la ciudad de Sololá.

- Otras actividades

En el municipio existen algunos maestros de educación, Bachilleres y Peritos en diferentes ramos y algunos fleteros, quienes se desenvuelven dentro del municipio o algunas veces en municipios cercanos.

Figura 3. Climas del departamento de Sololá



Fuente: Base de datos ArcGis del MAGA

1.1.2.5. Idioma

El idioma utilizado mayoritariamente en la comunidad es el Maya K'iché, el cual es hablado por el 100% de las personas y de hecho es el que se usa para todas las actividades diarias. El segundo idioma en importancia es el español; no obstante que en el departamento de Sololá se habla además el Tzutujil y Kaqchiquel, los que son manejados por quienes guardan relaciones de comercio y trabajo con estas regiones.

1.1.2.6. División política-administrativo

El municipio esta dividido en 1 cabecera municipal, 10 aldeas, 92 caseríos, 1 cantón y 2 parajes.

1.1.2.7. Situación socioeconómica

El ingreso familiar determina el nivel de satisfacción de las necesidades básicas, alimentación, salud, educación, vivienda, vestido etc. Esta parte se refiere específicamente a identificar los niveles de ingreso en los hogares y sus principales fuentes.

En Santa Catarina Ixtahuacán no existen fuentes de trabajo y como pudo observarse anteriormente, la mayoría de personas son trabajadores por cuenta propia, dedicados en su mayoría a la agricultura y artesanías. Las actividades más importantes están catalogadas dentro del subempleo: fabricación de artesanías, muebles rústicos, etc. Los jornales son sumamente bajos, oscilan entre Q 10.00 y Q 50.00 diarios. Por esta misma razón, según datos de la municipalidad el 21.32% de la PEA viaja a la costa sur a las fincas de caña y café.

1.1.2.8. Indicadores de desarrollo

El índice de desarrollo humano se encuentra en un 47.3 %, el porcentaje de analfabetismo en un 12 %, el porcentaje de pobreza extrema general en un 77.5 % y el porcentaje de pobreza extrema en un 29.5 %.

1.1.2.9. Servicios públicos

1.1.2.9.1. Educación

A nivel la cabecera municipal se cuenta con todos los servicios educativos hasta el nivel diversificado. En el área rural se cuenta con escuelas primarias (algunas de ellas de la organización PRONADE) y dos telesecundarias con el ministerio de educación.

1.1.2.9.2. Comunicación

Para ingresar a las comunidades de tierra fría se hace a través de 2 caminos; 1 ubicado en el kilómetro 163, el cual también lleva a la antigua cabecera municipal y el otro en el kilómetro 171, siendo ambos de terracería. Y para llegar a las comunidades de la boca costa existen varias alternativas, dependiendo a que comunidad se desea llegar; para la aldea Tzampoj se debe ingresar por el municipio de San Francisco Zapotitlán o por el municipio de Samayac, para la aldea La Ceiba se debe ingresar por el municipio de San Pablo Jocopilas, para las aldeas Pacamache, Chuisanto Tomas y Guineales se ingresa por el municipio de Santo Tomas la Unión, todos los caminos hacia las comunidades son de terracería a excepción de la aldea Guineales que esta asfaltado. El ingreso a los anteriores municipios pertenecientes al departamento de Suchitepéquez se hace por la costa sur teniendo que pasar por Quetzaltenango y Retalhuleu.

1.1.2.9.3. Salud

Los servicios estatales de salud están organizados en distritos municipales a cargo del centro de salud tipo B. La coordinación municipal de salud se encuentra ubicada en la cabecera municipal de Nahualá e Ixtahuacán.

La coordinación está a cargo de un médico que tiene a su cargo: una enfermera profesional, cinco auxiliares de enfermería, dos técnicos de salud rural, un laboratorista, un secretario y un operativo. Además funcionan 3 puestos de salud, en la aldea Chirijox, la nueva Santa Catarina Ixtahuacán y en la antigua Santa Catarina Ixtahuacán. Actualmente se cuenta con 34 centros de convergencia atendidos por promotores de salud dentro de la estrategia de extensión de cobertura.

En el municipio también prestan sus servicios 163 comadronas, cuyo adiestramiento esta a cargo del centro de salud de Nahualá y además se tienen 30 más dentro de la extensión de cobertura. Adicionalmente, en Nahualá funcionan dos clínicas médicas parroquiales y una evangélica, así como tres clínicas odontológicas.

1.1.2.9.4. Agua potable

En el municipio el 90 % de la población cuenta con el servicio de agua potable, de los cuales en su mayoría la distribución se realiza por conexiones prediales, pero hay comunidades que solo cuentan con llena cántaros o pilas públicas para su distribución. En muchas comunidades el servicio de agua potable es ineficiente debido a muchos factores; el sistema ha superado su período de diseño, los sistemas no cuentan con un mantenimiento adecuado o necesitan reparaciones y muchas veces la comunidad al no contar con un estudio del sistema de abastecimiento de agua, ellos mismos realizan sus captaciones, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución.

1.1.2.9.5. Drenaje

Referente al sistema de disposición de excretas, se constató que en la cabecera municipal el 100% de las viviendas cuentan con servicio de drenaje; mientras que en las comunidades el 60 % de familias poseen letrinas de tipo tradicional, es decir pozo ciego con plancha y taza de cemento. El 40 % de la población evacua sus necesidades fisiológicas al aire libre entre los cultivos o en los barrancos.

La mayoría de las familias no cuentan con sistema de drenaje, debido a ello, las aguas servidas, producto del lavado de ropa y de otros enseres del hogar, corren a flor de tierra y son dirigidas hacia los barrancos y riachuelos cercanos.

1.1.2.9.6. Energía eléctrica

De 7,795 viviendas reportadas 3448 (45%) disponen de energía domiciliar, mientras que 4347 (55%) no cuentan con este servicio. En el municipio la cabecera, aldea Chirijox y los caseríos Chuajij, Chuisuc y Pajocá cuenta con alumbrado público.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de la rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua para la cabecera del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá

2.1.1. Descripción del sistema actual

El proyecto radica en la rehabilitación del sistema de agua de la cabecera municipal, que sería el encargado de conducir el agua necesaria para consumo de sus habitantes.

El sistema contará con dos nacimientos; uno que en su totalidad será por gravedad y el otro tendrá una longitud de 10 km, existiendo un tramo de 200 m que será por bombeo.

2.1.2. Captaciones

Son estructuras que tienen como objetivo coleccionar toda el agua proveniente de fuentes o manantiales de brotes definidos o difusos, que brotan de ciertos lugares llamados nacimientos.

Una captación asegura que toda el agua que brota durante determinado período de tiempo, sea recolectada en su totalidad para luego ser conducida por medio de tubos o canales abiertos hacia cierto lugar de almacenamiento. Esta obra será construida de acuerdo a las condiciones que presente el nacimiento, ya que puede variar la forma, pero su fin principal siempre será el mismo, siendo esta parte la más crítica, porque de ella depende el éxito o fracaso del proyecto.

Todas las captaciones deben llenar condiciones sanitarias que garanticen que el agua sea conducida lo menos contaminada posible, a continuación se describen:

- a) Impedir el acceso de aguas superficiales, tierra, hojas e insectos.
- b) Impedir el encharcamiento alrededor de la captación.
- c) Estar provista de ventilación y rebalse.
- d) Tener tapadera con candado para permitir reparaciones.
- e) Rodear el sitio con malla de alambre si fuera necesario.

2.1.2.1. Tipos de captaciones

Las captaciones pueden ser de dos tipos: Captaciones de brotes definidos o captaciones de brotes difusos.

Las fuentes a captar son del tipo subterráneo con afloramiento horizontal del agua, en un punto definido; esto quiere decir que la obra de infraestructura adecuada a construir debe ser una captación de ladera concentrada.

2.1.2.2. Tipos de fuentes de agua

Se le denomina fuente de agua al lugar que es capaz de suministrar un caudal mínimo, igual o mayor al consumo máximo diario, en cualquier época del año. Una fuente tendrá agua de calidad y cantidad aceptable que servirá para el consumo humano. Los tipos de fuentes de aguas naturales pueden clasificarse en:

a) Aguas meteóricas:

Proceden directamente de la atmósfera, en forma de lluvia. Se captan al llegar a la superficie terrestre, por medio de áreas expuestas a la precipitación pluvial, para luego almacenarlas en sistemas apropiados.

b) Aguas superficiales:

Estas aguas están conformadas por los ríos, lagos, lagunas, embalses, etc.

c) Aguas subterráneas:

Son las que se infiltran en el terreno y afloran en forma de manantiales. Se localizan en las zonas de cavidades conectadas entre sí. Esta zona comprende zona de saturación y zona de aireación, que quedan separados por el nivel freático.

2.1.3. Estudio de la población

2.1.3.1. Población actual

La población total de la cabecera es de aproximadamente 3300 habitantes distribuidos en 550 familias; lo que conlleva que se tomaran en cuenta todas las viviendas construidas.

2.1.3.2. Población futura

El consumo de agua está ligado a la dotación y a la población de diseño; para este proyecto se tomó un período de diseño de 20 años. La tasa de crecimiento es de 3% anual.

2.1.3.3. Método de estudio de población

El método a aplicar para calcular la población futura es el geométrico.

$$P_{fn} = P_o (1 + r)^n$$

$$P_{f_{20}} = 3300(1 + 0.03)^{20}$$

$$P_{f_{20}} = 5960 \text{ habitantes}$$

donde:

P_{fn} = Población futura para "n" años

P_o = Población actual

r = Tasa de crecimiento

n = Número de años transcurridos

2.1.4. Factores de diseño

Las bases de diseño de un proyecto, dependerán de factores como: nivel de vida, clima, actividad productiva, patrones de consumo de la población y aspectos socioeconómicos; para este estudio se tomó un factor de día máximo $FDM = 1.2$ y un factor de hora máxima de $FHM = 2$.

2.1.4.1. Período de diseño

Para este proyecto se tomó un período de diseño de 20 años, ya que los materiales tienen una vida útil de este tiempo, ya que se diseño con PVC.

2.1.4.2. Población de diseño

La población de diseño se obtuvo del período de diseño, el cual es de 20 años. Por lo tanto será la que se calculó para la población futura por medio del método geométrico y en este caso es de 5960 habitantes.

2.1.4.3. Caudal de aforo

El aforo en los nacimientos de agua tuvo a bien realizarse en el mes de marzo del año 2008, en la época más seca del año. Para el efecto se utilizó una cubeta de 5 galones y se tomó el tiempo en que la fuente llenó el recipiente; este procedimiento se realizó 4 veces para sacar un promedio de tiempo, con lo que se obtuvo un aforo de 1.09 litros por segundo para el nacimiento denominado Chiquisis, mientras el otro aforo dio como resultado un caudal de 1.16 litros por segundo para el nacimiento denominado Puwalcox.

2.1.4.4. Dotación para el sistema

Para poder determinar la dotación en litros/habitante/día, hay que tomar en cuenta parámetros particulares de la comunidad en estudio, para poder satisfacer las necesidades de los usuarios. De acuerdo a criterios de la Unidad Ejecutora de Proyectos para Acueductos Rurales (UNEPAR) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) se tiene:

- a) Clima
- b) Capacidad de la fuente
- c) Condiciones socioeconómicas de la población
- d) Nivel de vida y característica de la población
- e) Tipo de sistema de abastecimiento del agua
- f) Costos de servicio de agua al usuario
- g) Grupo étnico
- h) Alfabetismo
- i) Recursos hidrológicos

También del consumo humano, hay otros usos que se le da al vital líquido que van aumentando en menor grado; y estos no hay que pasarlos desapercibidos. Entre los usos adicionales más comunes del agua tenemos:

- a) Aseo personal
- b) Lavado de sanitarios
- c) Lavado de ropa
- d) Limpieza de la casa
- e) Bebida para animales

De acuerdo con las especificaciones de UNEPAR, la dotación para climas fríos en conexiones prediales debe estar entre 60 a 100 lts/hab/día. Para este caso en particular se determinó una dotación de 90 lts/hab/día, considerando que la fuente propuesta posee caudal para poder abastecer a la población, y para el sistema por bombeo se tendrá una dotación de 60 lts/hab/día, debido a que la fuente propuesta para este sistema no posee la capacidad para aportar una dotación mayor en todo el período de diseño.

2.1.4.5. Criterios y normas sobre la calidad del agua

El término “calidad de agua” está relacionado con aquellas características físicas, químicas y bacteriológicas, por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es apta o no para el consumo humano.

2.1.4.6. Análisis del agua

A las dos fuentes se le realizó el análisis físico-químico y bacteriológico en el Laboratorio de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS).

2.1.4.6.1. Exámenes físico-químicos

Conforme a los resultados que se muestran en los anexos, se concluye que el agua es potable. Este resultado garantiza que el agua es apta para consumo humano.

2.1.4.6.2. Exámenes bacteriológicos

El análisis físico químico sanitario demostró que el agua es potable, **NORMA COGUANOR NGO 29001**, por lo que estos resultados se encuentran dentro de los límites máximos aceptables. En conclusión el agua es adecuada para el consumo humano.

2.1.5. Levantamiento topográfico

Para la instalación de la tubería de agua potable en un sistema de ramales abiertos, se requiere de un levantamiento topográfico de poligonal abierta. Estos levantamientos son parte de la llamada topografía plana, que es aquella que para realizar trabajos de campo, desprecia la curvatura de la tierra o sea que la considera plana. Con este método lo que se hace es pasar a un plano o mapa todos los detalles de los terrenos por donde se encaminara la tubería.

Los apuntes tomados en el campo deben especificar todo tipo de obstáculo o punto a considerar a la hora de diseñar, por lo que deben ser claros y concisos para obtener un diseño eficiente y capaz de transportar el agua a un punto deseado.

Para el diseño del sistema a realizar se utilizó el método taquimétrico, con poligonales abiertas. Para ello se utilizaron los siguientes procedimientos: por conservación de azimut con el método de orientación de 180 grados o vuelta de campana obteniendo los resultados mostrados en los planos que se presentan en los apéndices.

2.1.5.1 Planimetría

La planimetría es la proyección del terreno sobre un plano horizontal; el levantamiento se realizó como una poligonal abierta por conservación de azimut, para lo cual se consideró el norte magnético. A partir de éste se midieron los diferentes ángulos horizontales. El terreno que se trabajo era tipo montañoso a quebrado.

Para hacer el levantamiento topográfico se usó del siguiente equipo:

- Un teodolito FOIF DT205CL
- Una cinta métrica de 50 metros
- Dos plomadas de 1 libra
- Una estadía
- Un martillo
- Varios machetes
- Cuatro libras de clavo de 1”
- Pintura de aceite roja
- Estacas de madera

2.1.5.2 Altimetría

La altimetría toma en cuenta las diferencias de niveles existentes entre puntos de un terreno o construcción. Para conocer estas diferencias de nivel, hay que medir distancias verticales, directa o indirectamente. A estas operaciones se les denomina nivelación. El método que se utilizó fue el taquimétrico.

La taquimetría es una técnica topográfica que se emplea para determinar rápidamente la distancia, dirección y diferencia de elevación de un punto, por medio de una sola observación hecha desde una misma estación de instrumento.

2.1.6. Determinación de caudales

2.1.6.1 Caudal medio diario

Conocido también como caudal medio, es la cantidad de agua que consume una población en un día. Se obtiene del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con registros de consumo diario, se puede calcular en función de la población futura y de la dotación asignada en un día.

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_m = (\text{población futura [hab]} * \text{Dotación [lts/hab/día]}) / (86,400 \text{ seg/día})$$

$$Q_m = (5960 \text{ hab} * 90 \text{ lts/hab/día}) / 86400 \text{ seg/día}$$

$$Q_m = 6.21 \text{ lts/seg (Gravedad)}$$

$$Q_m = (5960 \text{ hab} * 60 \text{ lts/hab/día}) / 86400 \text{ seg/día}$$

$$Q_m = 4.14 \text{ lts/seg (Bombeo)}$$

2.1.6.2 Caudal máximo diario

Es conocido como caudal de conducción, es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas, observado durante un año y regularmente sucede cuando hay actividades en las cuales participa la mayor parte de la población. No incluye gastos causados por incendios.

Quando no se cuenta con información de consumo diario, éste se puede calcular a través de un porcentaje denominado factor de día máximo (Fdm). Este factor en área rural está comprendido dentro de los valores siguientes: 1.2 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes, a 1.5 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes.

Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes se determina que el factor de día máximo sea de 1.2.

$$Q_{md} = Q_m [\text{lts/seg}] * F_{dm}$$

$$Q_{md} = 6.21 * 1.2$$

$$Q_{md} = 7.45 \text{ lts/seg}$$

2.1.6.3 Caudal máximo horario

Conocido también como caudal de distribución, es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo durante un período equivalente a un año. Si no se tienen registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

El factor de hora máxima (Fhm) esta comprendido en el área rural entre 2.0 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes, a 3.0 para poblaciones futuras menores a 1,000 habitantes. Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que el factor de hora máxima es de 2.0.

$$Q_{mh} = Q_m \text{ [lts/seg] } * F_{hm}$$

$$Q_{mh} = 6.21 \text{ lts/seg } * 2$$

$$Q_{mh} = 12.42 \text{ lts/seg}$$

2.1.6.4 Caudal instantáneo

Este caudal está basado en la probabilidad de que se haga uso al mismo tiempo del servicio del caudal en un ramal, usualmente también se le conoce con el nombre de caudal de uso simultáneo. Se obtiene por medio de la fórmula siguiente:

$$Q_i = k (n - 1)^{1/2}$$

donde:

Q_i = Caudal instantáneo no menor de 0.20 lts/seg

k = Coeficiente que varía según sistema

$k = 0.15$ para uso predial

$k = 0.25$ para llena cántaros

n = Número de viviendas

2.1.6.5 Caudal por bombeo

Es el volumen de agua por unidad de tiempo que será bombeado durante el período de bombeo, para satisfacer la demanda del consumidor durante el día.

$$Q_b = (Q_{md} * 24) / HB$$

$$Q_b = (4.14 \text{ lts/seg} * 24 \text{ horas}) / 8 \text{ horas}$$

$$Q_b = 12.42 \text{ lts/seg}$$

donde:

Q_b = Caudal de bombeo

Q_{md} = Caudal máximo diario

HB = Horas de bombeo

2.1.7. Diseño de la nueva línea de conducción

El diseño de líneas de conducción es un conjunto de tuberías forzadas a presión, que vienen desde las obras de captación hacia el tanque de almacenamiento. De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento de agua, las condiciones pueden ser por bombeo o por gravedad.

2.1.7.1. Diseño de la línea de conducción por gravedad

En el diseño y cálculo de la línea de conducción, se utilizó la fórmula de Hazen - Williams, para conductos circulares a presión. A continuación se presenta la fórmula matemática a utilizar:

$$H_f = \frac{1743.811141 * L * Q_{md}^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}}$$

donde:

- H_f = Pérdida de carga por fricción (m)
- Q_{md} = Caudal máximo diario (lts/seg)
- L = Longitud de la tubería más un factor de longitud del 5% por la topografía del terreno (m)
- C = Coeficiente de capacidad hidráulica C=150 PVC, C=100 HG

Pero la línea de conducción debe aprovechar al máximo la energía disponible para conducir el caudal deseado, por lo cual, en la mayoría de los casos, conducirá el diámetro económico que satisfaga las razones técnicas que permitan soportar presiones menores que no dañen el material de conducción que se está utilizando, en su mayoría se utilizará policloruro de vinilo (PVC).

El diseño de una línea de conducción por gravedad, deberá tener en cuenta lo siguiente:

- a) Carga disponible o diferencia de altura entre la captación y el tanque de distribución.
- b) La capacidad deberá ser suficiente para transportar el caudal máximo diario de diseño.
- c) La selección de la clase y diámetro de la tubería a emplear, deberá ajustarse a la máxima economía.
- d) La línea de conducción deberá dotarse de los accesorios y obras de arte necesarios para su correcto funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo específicas para la tubería, para su protección y mantenimiento.

e) Tipo de tubería capaz de soportar las presiones hidrostáticas.

Si fuera el caso en donde la línea de conducción tuviera un diámetro distinto o se plantea un diámetro económico, es necesario conocer la longitud de este, la cual se puede calcular por medio de las siguientes fórmulas:

$$H = Cota_2 - Cota_1$$

$$L_2 = \frac{H - hf_1}{hf_2 - hf_1} L_T$$

$$L_1 = L_T - L_2$$

donde:

H = Pérdida de carga

L_T = Longitud entre puntos

hf₁ = Diferencia de altura en primer tramo

hf₂ = Diferencia de altura total

2.1.7.1.1 Presión estática

Corresponde a la presión que ejerce el agua dentro de la tubería, cuando se acumula el agua y no circula debido al cierre de llaves o cuando no existe ningún consumo dentro de la población; esta presión para el sistema de conducción no debe ser mayor a 90 metros columna de agua y para el sistema de distribución no deber ser mayor a 60 metros columna de agua.

$$P_{estática} = CT_{inicio} - CT_{final}$$

$$P_{estática} = 3100.77 - 3049.56$$

$P_{estática} = 51.21$ mts.

Para la $P_{estática}$ de los siguientes tramos, la CT_{inicio} será la misma, mientras que la CT_{final} , cambiará según sea el tramo, hasta llegar a una caja rompe presión o el tanque de distribución.

2.1.7.1.2 Presión dinámica

Se produce cuando hay movimiento de agua. La presión estática modifica su valor disminuyéndose, debido a la fricción que causan las paredes de la tubería. La presión dinámica en un punto es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno. Esta presión para el sistema de conducción no debe ser menor a 40 metros columna agua y para el sistema de distribución no debe ser menor a 10 metros columna de agua.

2.1.7.1.3 Obras de arte

2.1.7.1.3.1 Caja rompe-presión

Las cajas rompe-presión son dispositivos que se utilizan para reducir la presión del agua y evitar así el rompimiento de la tubería. Pueden ser necesarias tanto en la conducción como en la distribución. La caja puede ser hecha de concreto armado, de block reforzado, de ladrillo tayuyo o de mampostería.

Para localizar las cajas rompe-presión en una línea de conducción, se recomienda colocarlas a menos de 90 metros columna de agua (m.c.a.) de presión estática. Y para la línea de distribución, la localización se rige por el hecho de que los empaques de las válvulas del flotador se arruinan cuando se

someten a presiones altas, por lo que no deberán ser sometidas a una carga estática mayor de 60 m.c.a.. La diferencia entre ambas es que la caja de rompe-presión solamente tiene válvula de flote cuando distribuye.

2.1.7.1.4 Válvulas

2.1.7.1.4.1 Válvula de aire

El aire disuelto en el agua, o aquél que queda atrapado dentro de la tubería, tiende a depositarse en los puntos altos del perfil de la tubería. La cantidad de agua que pueda acumularse reduce la sección de la tubería y, por ende su capacidad de conducción. La cantidad acumulada de aire puede ser tanta que llegue a impedir completamente la circulación del agua. La eliminación del agua se obtiene con el empleo de válvulas automáticas de aire, las cuales se escogen basándose en la presión de servicio.

Estas válvulas permiten tanto la salida de aire como su ingreso; el acceso del aire se produce cuando se inicia bruscamente la salida del agua, como en el caso de una rotura; de no contarse con la válvula de aire pueden llegar a producirse presiones negativas dentro de la tubería, la que podría romperse si es de PVC, o colapsar si es de acero.

Las válvulas de aire se pueden emplear para una presión máxima determinada, ya que los dos empaques tienden a arruinarse a presiones mayores. Por ello es que debe verificarse el rango de presiones para el que está diseñada una válvula, a fin de tener la seguridad de que es la adecuada para el caso.

2.1.7.1.4.2 Válvula de limpieza

Estas válvulas sirven para extraer de la tubería arena, hojas o cualquier otro cuerpo que haya ingresado en la misma y que tiende a depositarse en los puntos bajos del perfil.

Como válvula de limpieza se emplea una compuerta, de diámetro igual al de la tubería.

2.1.8. Diseño de la línea de impulsión

La tubería de impulsión se compone de tubería de succión y tubería de descarga, las cuales se estudiarán detenidamente a continuación:

Tubería de succión: se llama así a la tubería que va conectada directamente a la entrada de la bomba, uniéndola a la misma con el volumen de agua a elevarse.

Para minimizar la resistencia al paso del agua y evitar entradas de aire en esta tubería, se recomienda tomar en cuenta en el diseño e instalación los siguientes aspectos:

- a) Se debe tender con una pendiente de elevación continua hacia la bomba, sin puntos altos, para evitar la formación de burbujas de aire.
- b) Debe ser tan corta y tan directa como sea posible.
- c) Su diámetro debe ser igual o mayor al diámetro de la tubería de descarga. Si se requiere una línea de succión larga, el diámetro de la tubería debe aumentarse para reducir la resistencia al paso de agua.

- d) Los reductores a utilizarse deben ser excéntricos, con el lado recto hacia arriba para evitar también la formación de burbujas de aire.
- e) Los codos instalados en la misma generalmente se prefieren de radio largo, porque ofrecen menos fricción y proveen una distribución más uniforme del flujo que los codos normales.
- f) En la entrada de esta tubería se recomienda utilizar una coladera con válvula de pie (cheque), debido a que disminuye el riesgo de entrada de materia indeseable al tubo de succión; y, al mismo tiempo, tiene la particularidad de retener el agua que ha entrado a la tubería, evitando la necesidad de cebar la bomba después de que ha dejado de operar.

También se acostumbra colocar en la entrada de esta tubería, una campana de succión, que puede construirse con o sin válvula de pie y es útil para minimizar la resistencia al paso del agua.

Tubería de descarga: La tubería de descarga es la que se coloca inmediatamente después de la bomba. Esta tubería descarga el líquido a un tanque de almacenamiento, aunque se podría conectar directamente a la tubería de distribución.

La velocidad del caudal requerido en la tubería de descarga debe ser como máximo de 2.4 m/seg.

Para minimizar la resistencia al paso del agua y eliminar formaciones de aire, es conveniente considerar en el diseño e instalaciones de la tubería de descarga las reglas siguientes:

- a) Esta tubería debe colocarse en la ruta más directa posible, desde la bomba hasta el punto de descarga, lo que aminora la resistencia al paso del agua.

- b) Cuando se usen vueltas o dobleces, su tipo deben ser de radio grande; lo que mantendrá al mínimo la resistencia al paso del agua.
- c) El número de cambios de dirección, válvulas y accesorios deben ser los mínimos necesarios, sin embargo, en lugares bajos deben instalarse válvulas de limpieza y si es requerido en los picos de la línea deberá colocarse válvulas de aire.
- d) Cuando se contemple la conexión de más de una bomba a una misma tubería de descarga, se recomienda el uso de accesorios que conduzcan el fluido por la ruta más directa; usando, por ejemplo, yee o codos de mínimo ángulo. En este mismo caso, conforme se vaya sumando caudales, el diámetro de la tubería debe ser el inmediato superior. El tipo de la tubería de descarga está íntimamente ligado a la máxima presión que se presenta en ésta, pudiendo ser clasificada según su presión de trabajo en ligera, mediana o de alta presión para tubería de hierro galvanizado.

2.1.8.1 Caudal de bombeo

Es el volumen de agua por unidad de tiempo que será bombeado durante el periodo de bombeo, para satisfacer la demanda del consumidor durante el día.

$$Q_b = \frac{24 * Q_c}{H_b}$$

$$Q_b = \frac{24 * 1.16}{8}$$

$$Q_b = 3.48 \text{ lts / seg}$$

donde:

Q_b = caudal de bombeo

Q_c = caudal de conducción

H_b = horas de bombeo

Luego de haberse determinado el caudal de bombeo, se puede diseñar la tubería de descarga con la siguiente fórmula:

$$\phi_{ec} = 1.8675 * \sqrt{Qb}$$

$$\phi_{ec} = 1.8675 * \sqrt{3.48}$$

$$\phi_{ec} = 3.25 \text{ pulg.}$$

donde:

ϕ_{ec} = diámetro económico en pulgadas

Qb = caudal de bombeo en lts/seg

1.8675 = factor de conversión de metros a pulgadas

Como este diámetro no existe comercialmente, entonces se procede a verificar la velocidad y la pérdida de carga con los diámetros comerciales inmediatos inferiores y superior:

$$V = 1.974 \times (Qb / \phi_{ec}^2)$$

donde: $0.60 \leq V \leq 2.4$ m/seg

V = velocidad de flujo de la tubería

Qb = caudal de bombeo

ϕ_{ec} = diámetro económico en pulgadas

1.974 = factor de torsión de lts/pulg² a m³/seg²

$V(3'')$ = 0.76 m/seg si cumple

$V(4'')$ = 0.43 m/seg NO cumple

Verificación de pérdidas de carga de la ecuación de Hazen – Williams

$$L = 214.74 \text{ mts}$$

$$Q_b = 3.48 \text{ lts/seg}$$

$$C = 150$$

$$\text{Para diámetro 3" } H_f = 1.77 \text{ m.c.a.}$$

2.1.8.2 Carga dinámica total

La carga dinámica total, CDT, es la presión real expresada en metros columna de agua contra la cual debe operar una bomba para elevar el caudal de agua hasta el nivel requerido. Su cálculo para bombas centrífugas depende de la dirección del eje de la rotación, por lo que la CDT en bombeo horizontal, será diferente en la CDT en bombeo vertical.

Carga dinámica total en bombeo horizontal: se llama así porque el eje de rotación de la bomba es horizontal. Ésta se puede presentar en tres formas, y como se describen a continuación:

Caso I:

En este caso, el nivel del agua en la descarga al igual que en la succión están expuestos a la presión atmosférica, además, el nivel de succión está abajo del nivel del ojo del impulsor:

$$CDT_1 = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_m$$

Caso II:

El nivel del agua en la succión está expuesto a la presión atmosférica al igual que en la descarga y arriba del ojo del impulsor:

$$CDT_2 = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm}$$

Caso III:

En éste se presentan los dos casos antes descritos, con la diferencia que en la succión y descarga existen presiones, diferentes a la atmosférica, cuyos valores se pueden representar en la descarga como H_{dad} y en la succión H_{das} ; de tal manera, las expresiones de la carga dinámica total quedan de la siguiente manera:

a) si el ojo del impulsor está arriba del nivel de succión, entonces:

$$CDT3a = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm} + h_{das} + H_{dad}$$

b) si el ojo del impulsor está debajo del nivel de succión, entonces:

$$CDT3b = - h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm} - h_{das} + H_{dad}$$

donde:

h_s = diferencia de altura entre el nivel de agua en la succión y el ojo del impulsor, en metros

h_{fs} = pérdida de carga por fricción en la tubería de succión, en m.c.a.

h_d = diferencia de altura entre el nivel de agua en la descarga y el ojo del impulsor en metros.

h_{fd} = pérdida de carga por fricción en la tubería de descarga en m.c.a.

h_{fv} = pérdida de carga por velocidad en la descarga, en m.c.a.

h_{fm} = pérdidas menores de carga producidas por accesorios en m.c.a.

h_{das} = presión diferente a la atmósfera existente en la succión en m.c.a.

H_{dad} = presión diferente a la atmósfera existente en la descarga en m.c.a.

Carga dinámica total en bombeo vertical: ésta se presenta en dos formas: cuando se utiliza una bomba vertical de turbina o una bomba sumergible; aplicándose los mismos términos que en los casos anteriores con la excepción

de que el símbolo h_d significa, en este caso, la diferencia entre el nivel del agua en la succión y el nivel de la descarga. En bombas verticales de turbina se utiliza el término h_{fs} , que representa las pérdidas por fricción en la columna de la bomba, cuyo valor puede ser proporcionado por el fabricante a través de tablas.

a) las bombas verticales de turbina:

$$CDT_{va} = h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fs} + h_{fm}$$

b) para bombas sumergibles:

$$CDT_{vb} = h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm}$$

2.1.8.3 Potencia de bomba

Para conocer la potencia de la bomba se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q_b * H_m}{76e}$$

$$P = \frac{3.48 * 31.07}{76 * 0.6}$$

$$P = 2.37 Hp$$

donde:

Q_b = Caudal de bombeo

H_m = Carga dinámica total

e = eficiencia de la bomba

2.1.8.4 Verificación de la sobre presión o golpe de ariete

Para la protección del equipo de bombeo y de la tubería de conducción, se deben considerar los efectos producidos por el fenómeno denominado golpe de ariete.

Se denomina golpe de ariete a la variación de presión en una tubería, por encima o por debajo de la presión normal de operación; ocasionada por rápidas fluctuaciones en el caudal, producidas por la apertura o cierre repentino de una válvula o por el paro o arranque de las bombas. Este fenómeno puede provocar ruptura de la presión (presión positiva) o aplastamiento (presión negativa).

El golpe de ariete que se produce en la tubería se puede determinar como sigue:

$$GA = \frac{145 * V}{\sqrt{\frac{Ea * D}{Et * e} + 1}}$$

$$GA = \frac{145 * 0.76}{\sqrt{\frac{20670 * 82.04}{28100 * 3.43} + 1}}$$

$$GA = 25.67mts$$

donde:

GA = golpe de ariete expresado en metros

V = velocidad en m/s

Ea = módulo de elasticidad del agua en kg/cm²

D = diámetro interno del tubo en cm

Et = módulo de elasticidad de la tubería en kg/cm²

e = espesor de la tubería en cm

2.1.8.5 Cálculo del sistema de bombeo

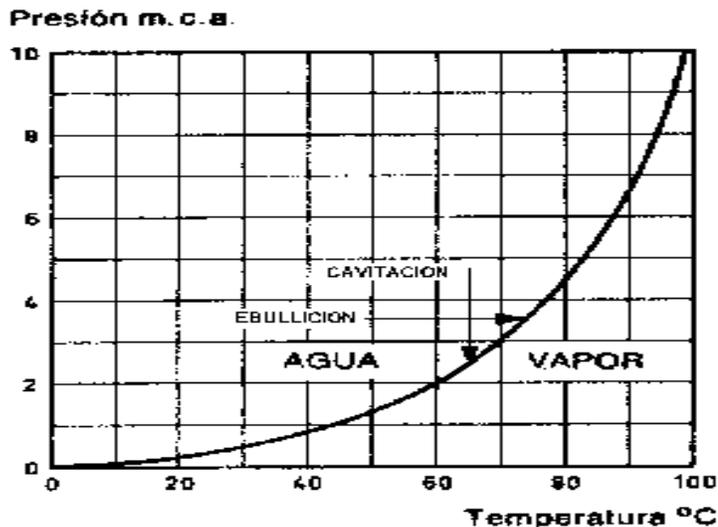
Los cálculos que tuvieron a bien el desarrollo para el sistema por bombeo fueron obtenidos por medio de los puntos 2.1.8.1 al 2.1.8.4, en donde se determinó que el sistema sea funcional.

2.1.8.6 Verificación de cavitación

Por cavitación se entiende la formación de bolsas localizadas de vapor dentro del líquido, pero casi siempre en las proximidades de las superficies sólidas que limitan el líquido.

En contraste con la ebullición, la cual puede ser causada por la introducción de calor o por una reducción de la presión estática ambiente del líquido, la cavitación es una vaporización local del líquido, inducido por una reducción hidrodinámica de la presión.

Figura 4. Comparación entre ebullición y cavitación



Esta zona de vaporización local puede ser estable o pulsante, y esto altera usualmente el campo normal del flujo. Este fenómeno se caracteriza, entonces, por la formación de bolsas (de vapor y gas) en el interior y junto a los contornos de una corriente fluida en rápido movimiento.

La condición física fundamental para la aparición de la cavitación es, evidentemente, que la presión en el punto de formación de estas bolsas caiga hasta la tensión de vapor del fluido en cuestión. Puesto que las diferencias de presión en máquinas que trabajan con líquido son normalmente del mismo orden que las presiones absolutas, es claro que esta condición puede ocurrir fácilmente y con agua fría, donde la presión de vapor es de alrededor de 20 cm sobre el cero absoluto.

Las regiones de depresión local solo pueden existir como consecuencia de la acción dinámica del movimiento, y una forma de esta acción proviene de la inevitable conversión de la presión en energía cinética.

La cavitación destruirá toda clase de sólidos: los metales duros, concreto, cuarzo, metales nobles, etc. Sin embargo la cavitación no constituye un fenómeno inevitable, sino un efecto que debe ser juzgado y evaluado desde el punto de vista económico.

En el caso de las turbomáquinas hidráulicas la cavitación es un factor determinante, marcando el límite más bajo para el tamaño de la máquina y también el límite más alto para la velocidad del flujo medio (velocidad periférica del rotor).

De este modo, para una altura y un caudal la máquina con el más alto número específico (velocidad específica) tendrá menores dimensiones, menor

peso y más bajo costo; pero por otro lado, la cavitación marca un límite superior para la velocidad específica que no debe ser excedido.

La cavitación se divide en el proceso de formación de burbujas y en el de impulsión de las mismas.

2.1.8.7 Especificaciones del equipo de bombeo

El propósito de cualquier bomba es transformar la energía mecánica o eléctrica en energía de presión.

En obras hidráulicas la más común es la bomba centrífuga, la cual transforma la energía mecánica o eléctrica en energía cinética que, a la vez, se transforma en energía de presión por medio de las aspas o alabes o un tipo de descarga con divergencia gradual.

La bomba produce siempre un salto brusco en el gradiente hidráulico que corresponde a la carga dinámica total, comunicada al agua por la bomba. La carga dinámica total es siempre mayor que la carga total de elevación, contra la cual trabaja la bomba para vencer todas las pérdidas de energía en la tubería.

La carga de presión generada por la bomba es llamada carga dinámica total o carga manométrica e indica siempre la energía dada al agua a su paso por la bomba; está dada por la expresión:

$$H_m = \frac{v^2}{2g} + hf + h_s + h_i + h_a$$

o bien, $H_m =$ carga estática + pérdidas mayores + pérdidas menores

donde:

Hm = carga dinámica total, en m

$\frac{v^2}{2g}$ = carga de velocidad, en m

v = velocidad media del agua, en m/seg

hf = pérdidas por fricción en la tubería en m

hs = pérdidas secundarias, en m

hi = altura de impulsión, en m

ha = altura de aspiración, en m

Las especificaciones del equipo para el presente proyecto, según lo anteriormente calculado se puede concluir que para conducir el caudal desde el tanque de alimentación hacia el tanque de distribución se necesita una bomba con las características siguientes:

Tipo de bomba: Sumergible.

Potencia: 3 Hp como mínimo.

RPM: 3.500

Tipo de energía: Eléctrica.

Tensión: 240 VAC monofásico.

Corriente: 13.6 Amperios.

2.1.9. Desinfección

Para este proyecto se tiene previsto la cloración del agua por medio de hipoclorito de calcio, dosificado al agua por medio de un hipoclorador hidráulico de Unepar – Infom. El hipoclorito a utilizar se recomienda que sea granular al 65% de pureza, el cual se puede comprar por libra.

Los cuidados que se deben tener al manejar cloro son los siguientes:

- a) El cloro es una sustancia tóxica y por lo tanto presenta un riesgo potencial para la salud si este no se usa en forma adecuada.
- b) El cloro es un agente irritante del sistema respiratorio detectado por una persona en concentraciones de 3 a 5 mg/litro.
- c) En altas concentraciones el cloro gas irrita los ojos, las membranas mucosas y la piel, provocando vómitos, picazón, tos y salivación copiosa.
- d) En casos extremos puede llegar a dificultar la respiración y puede causar la muerte.
- e) Cuando un ambiente está saturado de cloro se detecta por su olor penetrante y su apariencia de color amarillo verdoso y en este caso se deben tomar medidas de seguridad. Pueden localizarse las fugas de cloro manteniendo un frasco de amoníaco cerca de las fugas ya que su reacción produce un humo blanco.
- f) Por lo anterior se debe garantizar que la caseta tenga buena ventilación.
- g) Los envases con cloro deben almacenarse en lugares secos y frescos para evitar riesgos de explosión y alejados de materiales volátiles para evitar incendios.
- h) Los compuestos clorados en presencia de humedad son corrosivos de igual manera que las soluciones cloradas, por lo que deben almacenarse en depósitos plásticos o de vidrio.

2.1.10. Programa de operación y mantenimiento

Se detallan las actividades básicas de operación y mantenimiento del proyecto.

Operación y mantenimiento: el mantenimiento preventivo que se debe de proporcionar al acueducto, es la acción de proteger las partes del sistema de

agua potable, con la finalidad de evitar daños, disminuir los efectos dañinos, asegurar la continuidad del servicio de agua potable y así obtener un proyecto eficiente y auto sostenible, es necesario que se contemple la capacitación y adiestramiento de las personas que integran el comité de agua de la comunidad, para que funcionen como fontaneros.

Mantenimiento correctivo: es la acción de reparación de daños, de las partes de un sistema de agua potable, los que pueden suceder por accidentes naturales (crecidas de ríos, derrumbes, etc.), deterioro (mal uso) y desgaste (daño de accesorios).

Mantenimiento preventivo del área de captación:

Dos veces por mes:

- Verificar si hay fuentes de contaminación (aguas negras, animales, basura, desperdicios).
- Observar si hay deforestación (tala de árboles, incendios).

Cada mes:

- Limpiar el área de plantas, piedras.

Cada tres meses:

- Revisar el cerco de protección y repararlo de ser necesario.

Mantenimiento preventivo en lecho filtrante:

Dos veces por mes:

- Revisar la capa del sello, para verificar si no hay taponamiento.
- Verificar si hay raíces de árboles no se han introducido al sello sanitario.

Mantenimiento preventivo en muro y caja de reunión:

Cada seis meses:

- Revisar las estructuras, para verificar si hay filtraciones, grietas, roturas.
- Observar si hay derrumbes sobre sello, muros o cajas (agua estancada).
- Reparar las partes dañadas.
- Retirar derrumbes.
- Drenar el agua estancada.

Durante el invierno cada mes:

- Verificar el funcionamiento de la tubería de desagüe.
- Limpiar el sello sanitario y contra cuneta (piedras, arena, hojas).
- Limpiar y lavar caja de captación.
- Verificar funcionamiento de la tubería de desagüe de la caja de captación.

Mantenimiento preventivo en válvulas:

Cada tres meses:

- Revisar si hay roturas fugas o faltan piezas.
- Verificar el funcionamiento abriéndolas y cerrándolas lentamente, para ver si hay fugas o si no cierran completamente.
- En ambos casos se deben reparar o cambiar la válvula defectuosa.

Mantenimiento preventivo en cajas de válvulas:

Cada tres meses:

- Revisar las paredes y tapaderas de la caja.
- Revisar aldabones para candados.

- Revisar candados.
- Revisar si hay agua empozada.
- Revisar las roturas.
- Limpiar candados con gas y engrasarlos.
- Limpiar el piso y drenar el agua empozada.

Mantenimiento preventivo de la línea de conducción y distribución:

Cada mes:

- Revisar recorriendo completamente las líneas para verificar la limpieza, roturas, y fugas.
- También el estado de los pasos de zanjón, pasos aéreo, anclajes y recubrimientos.
- Verificar la correcta operación de cajas rompe-presión, válvulas de limpieza, válvulas de aire.
- Proceder a chapear y limpiar las líneas, reparar los posibles daños encontrados y aplicar las medidas correctivas en donde sea necesario.

Mantenimiento preventivo del hipoclorador:

Cada día:

- Revisar la dosificación del hipoclorito en el tanque de distribución.
- Revisar que no hayan fugas.
- Verificar el nivel de la solución en el depósito.

Cada tres días:

- Preparar la dosificación correspondiente.
- Limpiar el residuo existente en el fondo del hipoclorador.
- Enterar el residuo resultante de la preparación de desechos.

- Verificar la concentración de cloro libre residual, la cual no debe ser inferior a 0.30 miligramos por litro en la parte más lejana del proyecto.

Cada mes:

- Verificar la existencia de cloro para todo el mes próximo de operación. Si el sistema de cloración se realiza por medio de pastillas, verificar la concentración del cloro durante los primeros días para calibrar la cantidad de agua que debe ingresar al dispositivo de tal manera que tenga la concentración de cloro libre residual no menor de 0.30 miligramos por litro en el punto más lejano de la red de distribución.

2.1.11. Gastos

2.1.11.1 Gastos de administración

Esta función dependerá del comité oficial local, cuyos integrantes serán los responsables de brindar una adecuada y eficiente operación y mantenimiento del sistema.

Debe velar por el buen desarrollo de las actividades administrativas, las cuales incluyen gastos de papelería, mobiliario y equipo de oficina. Deben realizarse pagos por concepto de viáticos, para los miembros del comité o de alguna otra persona que tenga que realizar trámites relacionados con el sistema.

El comité será el encargado de recolectar el pago por tarifa en forma mensual, por medio de un tesorero, quien tendrá derecho por ley a una comisión del 10% de lo recaudado. Con respecto a los gastos de oficina y gastos de visitas a las oficinas de la dependencia encargada del acueducto,

tendrán un gasto adicional del 5% de lo recaudado mensual lo que se calculará de la siguiente forma:

$$Qa = 15\% * \text{Total recaudado por la tarifa}$$

$$Qa = \text{Gastos por administración}$$

2.1.11.2 Gastos de operación

Para la operación del sistema de agua es indispensable la contratación de los servicios de un fontanero, ya que será él, quien brinde una adecuada operación al sistema; se estima un día a la semana (52 días al año) para mantenimiento preventivo y correctivo con un salario de Q 80.00 por día contratado por servicios personales, por lo que no se aplican prestaciones laborales, el salario anual es de Q 4,160.00 y el salario mensual es de 346.67.

2.1.11.3 Gastos por mantenimiento

Para los gastos por mantenimiento se debe considerar el mantenimiento preventivo, ya que esto servirá para cubrir gastos de reparaciones pequeñas, evitando daños mayores en el sistema. El mantenimiento correctivo se le realiza por daños al sistema, debiendo adquirir materiales y accesorios en el menor tiempo posible; es importante que se tenga en bodega materiales y accesorios para cubrir fallas inmediatas en el sistema.

El mantenimiento incluye compra de herramienta y equipo necesario para realizar reparaciones al sistema.

Para determinar el costo por mantenimiento se debe considerar el período de vida útil del sistema, ya que se ha estimado que mensualmente se requerirá un 0.75% del total del proyecto.

$$Qm.m = (0.0075 * C.T.P.) / 12$$

Qm.m = Gasto por mantenimiento mensual

C.T.P. = Costo total del proyecto

2.1.11.4 Gastos de tratamiento

Consiste en el tratamiento que se le da al agua en la entrada del tanque de distribución, para que ésta sea potable al consumo humano.

Para los sistemas de agua potable se utiliza hipoclorito de calcio, la concentración de éste depende del grado de contaminación del agua, por lo que el gasto estará en relación directa con el gasto de este químico. Este tratamiento es aplicable a los diferentes tipos de sistemas. Ésta actividad la realiza un fontanero, quien es el que le brinda servicio a todo el sistema, por lo que está incluido en los gastos de operación y mantenimiento.

El tratamiento está en función del valor actual del hipoclorito de calcio, del caudal de éste y del que entra al tanque.

Cálculo del costo del hipoclorito de calcio:

$$QTm = (Qdm * 86.4 * 30 * 0.022 * Ch) / PC$$

donde:

QTm = Tratamiento mensual

Qdm = Caudal de día máximo

Ch = Costo de hipoclorito por gramo
PC = Porcentaje de concentración (0.10%)

2.1.11.5 Inflación

La inflación está determinada por el aumento de los precios de todos los materiales, accesorios y otros elementos utilizados para darle un buen servicio al sistema. La inflación ha fluctuado un 10%; esto irá variando con el tiempo y como se analiza actualmente, se ha observado un alza desmedida de los precios por lo que se puede considerar la aplicación de un porcentaje del costo total del proyecto.

La inflación influye directamente en el cobro de la tarifa porque se debe dar una operación y mantenimiento al sistema y esto ocasiona la compra de materiales y el pago de mano de obra.

El comité de agua deberá considerar cómo absorberá un alza fuera de los parámetros establecidos anteriormente. La reserva servirá para sufragar los gastos de inflación hasta que el comité actualice la tarifa nuevamente.

El cálculo de inflación se determina de la siguiente manera:

$Q_r = \% \text{ inflación} * \text{total de ingresos percibidos por el cobro de tarifa.}$

$Q_r =$ Es el costo de reserva para inflación.

2.1.12. Propuesta de tarifa

En el funcionamiento óptimo del sistema de agua potable se debe de establecer una cuota mensual por servicio, en donde el cálculo de la tarifa se suman los gastos ocasionados en el sistema, y se divide por el número de conexiones domiciliarias.

2.1.12.1 Tipos de tarifa

Básicamente, existen tres tipos de sistema de tarifas de agua, denominados: sistema uniforme, sistema unitario y sistema diferencial.

2.1.12.1.1 Sistema uniforme

En el sistema uniforme, el volumen de agua consumida se cobrará mensualmente por cuota general a la población, debido a que no se instalarán medidores de volumen de consumo, y el cobro mensual se calcula dividiendo el total de gasto entre el total de servicios.

2.1.12.1.2 Sistema unitario

En el sistema unitario, toda el agua se cobra a una tarifa uniforme y el cobro mensual se calcula multiplicando tal unidad por el número de metros cúbicos de agua consumida.

2.1.12.1.3 Sistema diferencial

Prevalen dos conceptos con relación a las tarifas diferenciales de agua.: el primero consiste en que la tarifa disminuya conforme el consumo de

agua aumenta, sistema inverso. El segundo concepto consiste en que las tarifas aumenten conforme aumenta el consumo, sistema directo; el cual predomina en casi todos los países latinoamericanos. Se propone utilizar este sistema de tarifa.

Tabla I. Tarifa actual propuesta

Gastos de administración	Q 716.40
Gastos de operación	Q 346.67
Gastos por mantenimiento	Q 1108.40
Gastos de tratamiento	Q 67.65
Inflación	Q 163.31
Total	Q2,402.43

No. De conexiones	407
Total / No. De conexiones	Q 5.90
Tarifa mínima	Q 6.00

Se establece que la tarifa mensual por concepto de consumo de agua hasta 22,000 litros debe ser de seis 00/100 quetzales (Q6.00) y un quetzal con 50/100 más por cada mil litros consumidos en exceso.

Tabla II. Ajuste de tarifa

AJUSTE DE TARIFA	
A 5 Años	Q10
A 10 Años	Q15
A 15 Años	Q22
A 20 Años	Q33

2.1.13. Presupuesto

El presupuesto se integró aplicando los criterios y porcentajes de costos indirectos del presupuesto del agua potable, tomando en cuenta precios unitarios y como base el precio de los materiales y salarios de mano de obra que se manejan en la región. A continuación se muestra un resumen.

Tabla III. Presupuesto sistema de agua.

CUADRO DE INTEGRACIÓN DE COSTOS					
No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL (Q)
CHIQUISIS					
1	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	ML	12210	Q61.60	Q752,153.97
2	VÁLVULA DE AIRE	UNIDAD	13	Q6,698.99	Q87,086.85
3	VÁLVULA DE LIMPIEZA	UNIDAD	13	Q6,560.41	Q85,285.29
4	PASO DE ZANJON TIPO B Ø 2.5"	UNIDAD	4	Q3,407.76	Q13,631.04
5	PASO DE ZANJON TIPO B Ø 2"	UNIDAD	6	Q2,918.53	Q17,511.20
6	PASO AEREO	UNIDAD	1	Q27277.21	Q27,277.21
CHALAMOB					
7	MEJORAS CAPTACIÓN	ML	300	Q110.05	Q33,014.95
8	LÍNEA DE CONDUCCIÓN	ML	10860	Q86.56	Q940,092.31
9	VÁLVULA DE AIRE	UNIDAD	13	Q6,824.74	Q88,721.56
10	VÁLVULA DE LIMPIEZA	UNIDAD	14	Q6,679.41	Q93,511.80
11	PASO DE ZANJON TIPO B Ø 2.5"	UNIDAD	1	Q3,406.59	Q3,406.59
12	PASO DE ZANJON TIPO B Ø 3"	UNIDAD	7	Q3,798.52	Q26,589.66
COSTO TOTAL EN QUETZALES					Q2,168,282.44
COSTO TOTAL EN DOLARES AMERICANOS (Q 8.30 = \$ 1.00)					\$261,238.85

2.1.14. Evaluación socio-económico

2.1.14.1. Valor presente neto (V.P.N.)

Este es un método que permite tomar decisiones acerca de realizar una inversión o no, determina si la inversión que se planea realizar va a ser rentable o va a generar pérdidas. En este caso se utilizará para comprobar el resultado del análisis realizado con el método de la tasa interna de retorno.

En este proyecto en particular se realizará una inversión inicial de 2,168,282.44 y sus gastos de operación y mantenimiento se calculan que podrían llegar a ser de Q24,000 por año, y la municipalidad podría esperar recibir por concepto de servicios por parte de la comunidad la cantidad de Q301,350, y se necesita saber si en un periodo de 20, años con una tasa del 0.10%, va a ser rentable el proyecto o no.

Inversión inicial	=	Q 2,168,282.44
Valor de rescate	=	Q 2,168,282.44
Ingresos por servicios	=	Q 301,350
Egresos por mantenimiento	=	Q 24,000
n	=	20 años
TIR	=	0.10 %

En la siguiente ecuación se procede a sustituir los valores anteriores para determinar si el proyecto será rentable o no. Es muy importante recordar que el resultado de valor presente neto si es positivo significa que el proyecto podría generar utilidades, al contrario si es negativo serán pérdidas las que se podrían obtener.

$$VPN = -P + Costos \times \left[\frac{(i+l)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] + Ingresos \times \left[\frac{(1+i)^n}{i(1+i)^n} \right] + R \times \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

VPN= - Q 24,171.60

El resultado del valor presente neto fue de -24,171.60, con signo negativo, lo cual indica que la inversión no será rentable, lo cual es lo que sucede en la mayoría de las ocasiones con proyectos sociales, los cuales se construyen con la finalidad de atender necesidades básicas en la población, sin esperar utilidades por ello.

2.1.15. Evaluación de impacto ambiental

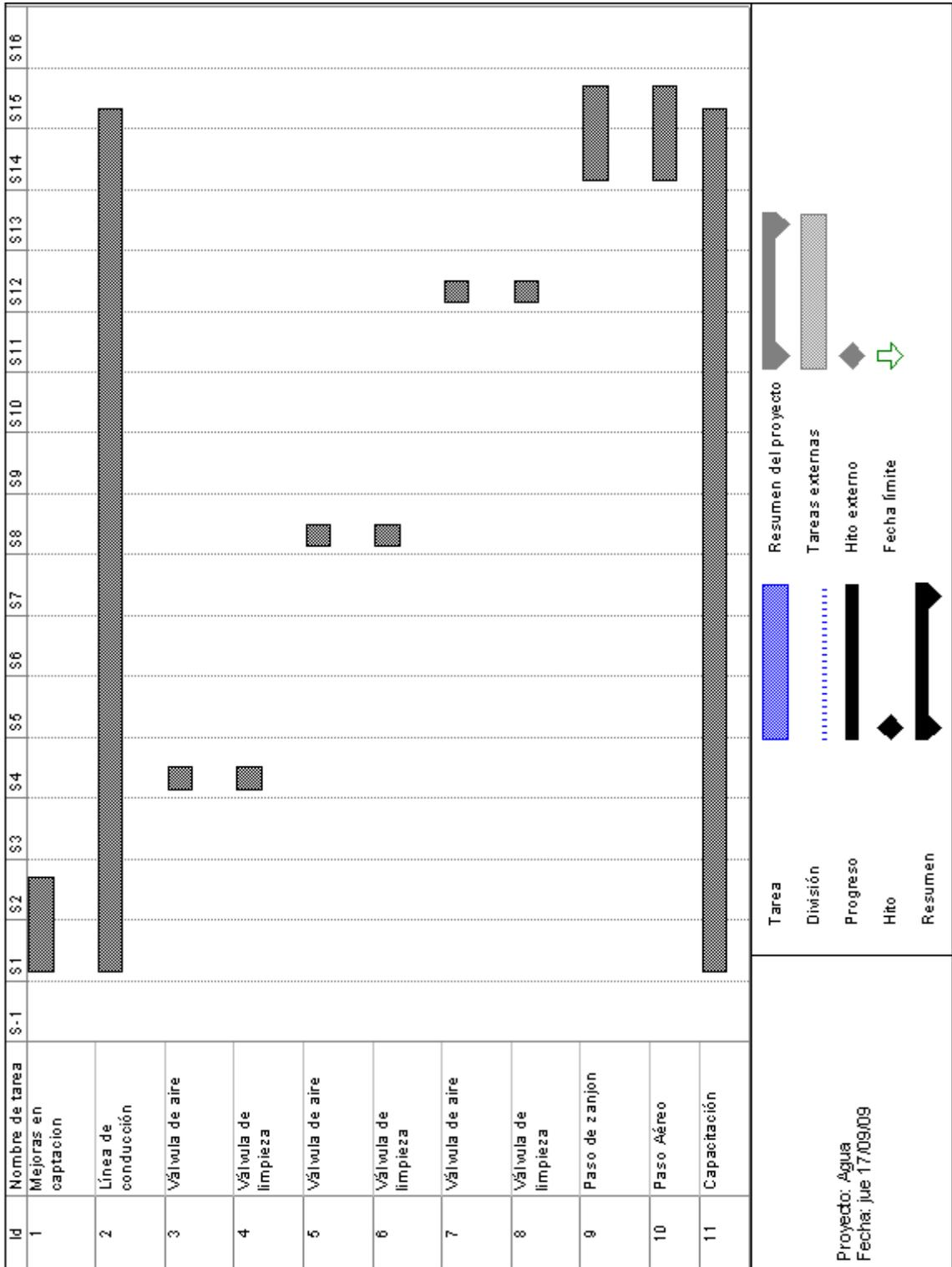
En el estudio de impacto ambiental (EIA) para el sistema de agua potable, se describen las características físicas del proyecto, sirviendo de base para la identificación del impacto al ambiente. También se indican las medidas de mitigación a través de planes sobre las acciones a tomar para contrarrestar los efectos causados por los impactos negativos generados por dicho proyecto.

El medio ambiente se define como el sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, en permanente modificación por la acción humana o natural y que afectan o influyen sobre las condiciones de vida de los organismos, incluyendo al ser humano.

Existen cuatro áreas bien defendidas del medio ambiente terrestre, las cuales son:

- **Litosfera:** está conformada por la corteza rocosa y montañosa de la tierra.
- **Atmósfera:** son los gases circundantes que rodean la tierra.
- **Hidrosfera:** se incluye el agua de los lagos, ríos, mares y depósitos subterráneos, el agua en forma de hielo y nieve, la que forma parte de las nubes y la humedad de la atmósfera que en conjunto representa una cantidad considerable.
- **Biosfera:** la conforma la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera. Entre la atmósfera e hidrosfera y sobre la litosfera, habitan las diferentes plantas y animales.

2.1.16. Cronograma de ejecución



2.2. Diseño de un módulo de aulas para la Escuela Oficial Rural Mixta de la aldea Chirijox.

2.2.1 Descripción del problema

La aldea cuenta con solo una escuela a nivel primario, ésta ha tenido que enfrentar diversos aspectos negativos y entre uno de ellos es la falta de un módulo de aulas apropiadas. Anteriormente, la escuela contaba con dicho módulo pero debido al mal estado en que se encontraba tuvo que ser demolido. Actualmente debido al incremento de la población estudiantil se han tenido que habilitar unas bodegas como aulas, en donde se ha podido apreciar las inadecuadas condiciones tales como: iluminación y ventilación, provocando que la educación que reciben sea muy difícil de asimilar.

2.2.1.1 Diseño del módulo de aulas de dos niveles

El tipo de estructura será de marcos dúctiles (losas, vigas, columnas, block y zapatas).

2.2.1.2 Descripción del proyecto

El proyecto radica en el diseño de un edificio escolar de dos niveles, en el área rural en donde este será únicamente de aulas puras.

En la planta alta y en la baja tendrá cuatro salones destinados exclusivamente para clases magistrales, al centro un módulo de gradas, no contará con ningún otro servicio ya que dentro de la escuela ya se cuentan con los servicios básicos como área de sanitarios para hombres y mujeres por separado, una dirección y salón de reuniones.

2.2.1.3. Estudio de suelos

Para poder apreciar las características del suelo donde se construirá la edificación, como también conocer el valor soporte del suelo, se realizó una excavación a una profundidad de 3.00 metros donde se obtuvo una muestra no alterada de 1 pie³, el ensayo realizado fue de compresión triaxial, mediante la prueba de no consolidado y no drenado, el cual dio los parámetros de corte, con un ángulo de fricción interna $\Phi = 33.06^\circ$ y carga última $C_u = 7.60 \text{ ton/m}^2$, el tipo de suelo es una "Arena pómez color beige". El método utilizado para el cálculo del valor soporte, fue el del Dr. Karl Terzaghi, que ha demostrado ser lo suficiente aproximado para todos los casos en el campo de su aplicación práctica.

2.2.1.4. Diseño estructural

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 y su ubicación relativa en los edificios. 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.

2.2.1.4.1. Estructuración

La estructuración de un edificio es la primera etapa del diseño estructural. En ella se define el tamaño y la forma del edificio, la naturaleza, tamaño y ubicación de todos los elementos estructurales. Así como la naturaleza, tamaño y ubicación de todos los elementos no estructurales que puedan influir en el comportamiento de la estructura.

Comprende la definición de la geometría general de la estructura (tanto en la planta como en elevación), se establecen los materiales a emplear (concreto reforzado, mampostería reforzada, acero estructural, etc.) se determinan los sistemas estructurales resistentes tanto en cargas gravitacionales como sísmicas, se establece los claros de vigas, tableros de losas y las alturas libres de los entresijos, se proponen secciones y dimensiones tentativas de los elementos estructurales, se conceptualizan los tipos de uniones entre ellos, se definen los elementos no estructurales y su sistema de fijación a la estructura.

2.2.1.4.1.1. Selección del sistema estructural a utilizar

En la elección del sistema estructural influyen los factores de resistencia, economía, funcionalidad, estética, los materiales disponibles en el lugar y la técnica para realizar la obra. El resultado debe comprender el tipo estructural, las formas y dimensiones, los materiales y el proceso de ejecución.

Teniendo en cuenta el área del terreno y las necesidades de espacio por aula, se hace necesaria la construcción de un edificio de dos niveles, para este caso se ha elegido el sistema estructural de marcos dúctiles unidos con nudos rígidos de concreto reforzado, tabiques de mampostería reforzada y losas planas de concreto reforzado.

2.2.1.4.1.2. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico se refiere a darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para su uso. Para lograrlo, se deben

tomar en cuenta los diferentes criterios arquitectónicos, principalmente para este caso.

Los edificios se deben diseñar de acuerdo a las necesidades que se tengan; estarán limitados por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño existentes. La tipología arquitectónica se elegirá basándose en el criterio del diseñador. Para el caso de este proyecto se diseñó un módulo conteniendo lo siguiente: en la planta baja se ubican cuatro salones de enseñanza-aprendizaje y módulo de gradas, y en la planta alta se ubicará, al igual que el primero, cuatro aulas de enseñanza-aprendizaje.

2.2.1.4.1.2.1. Requerimiento de áreas

El requerimiento de áreas está condicionado por el tipo de edificio que se diseñará, para nuestro caso siendo un edificio escolar de dos niveles se necesitan: salones de clases y un módulo de gradas. La función de los salones de enseñanza es proveerles a los maestros y alumnos de un área para desarrollar, en forma cómoda, las actividades del proceso enseñanza-aprendizaje. El área óptima por alumno es de 1.50 m², pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de 1.30 m². La capacidad óptima de un salón de clases es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos.

2.2.1.4.1.2.2. Distribución de espacios

La forma de los espacios y su distribución dentro de los edificios educativos se denomina a la totalidad destinados al ejercicio de la educación, en el cual se desarrolla por medio de diferentes actividades. Por tal razón, las características de los espacios educativos varían de acuerdo con los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hace de modo tradicional de edificios educativos, por ser ésta la que más se ajusta a las necesidades existentes y al espacio disponible.

2.2.1.4.1.2.3. Altura y cotas

Se elige un edificio de dos niveles por razón de espacio disponible. La altura será de 3.00 m de piso a cielo en todos los ambientes, con estas medidas se dará confort, tanto a los ambientes como a los espacios de circulación.

2.2.1.5. Construcción en clima cálido y clima frío

Cuando las condiciones climáticas son muy cálidas y secas, puede ser necesario rociar o mojar el exterior de las paredes, formaletas, blocks, etc. antes de comenzar para enfriar y prevenir un endurecimiento rápido del cemento.

Si la obra es construida bajo condiciones de clima frío, se puede necesitar protegerla por medio de un encierro o cobertor para mantenerla caliente y prevenir la congelación.

2.2.2. Análisis estructural del edificio

Una consideración muy oportuna sobre el análisis estructural es la siguiente: el análisis constituye la etapa más “científica” del proceso de diseño, aquella en que se emplean métodos de la mecánica estructural que implica el uso de herramientas matemáticas frecuentemente muy refinadas.

El análisis estructural se refiere a la determinación de las fuerzas internas actuantes en las distintas secciones de la estructura para su posterior comparación con las fuerzas actuantes resistentes, a fin de verificar si su diseño satisface las condiciones de seguridad. En algunos casos también determinamos a través del análisis las deformaciones verticales y horizontales de algunos elementos estructurales para su comparación con los valores que definen estado límites de servicio. Ya habiendo determinado las cargas verticales y laterales actuantes sobre la estructura, se debe proceder a determinar la respuesta estructural en el edificio; o sea los efectos que las acciones de diseño provocan en la estructura.

2.2.2.1 Pre-dimensionamiento estructural

Dentro del proceso de diseño estructural la estimación de las secciones preliminares, es decir el pre-dimensionamiento, busca satisfacer los criterios relativos a los estados límites de falla y de servicio, establecidos en los reglamentos.

El pre-dimensionamiento de por sí es un proceso subjetivo, en el cual el diseñador podrá emplear cualquier criterio para pre-dimensionar los elementos; ya que en la parte final del diseño verificará si las secciones propuestas satisfacen las condiciones establecidas por el o los reglamentos que se emplee.

Columnas: el método que se utiliza para pre-dimensionar las columnas determina la sección y se basa en la carga aplicada a esta. En este caso en particular se desea guardar simetría en las dimensiones de la columna, por tal razón se toma la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga. La medida resultante se aplica a todas las demás.

$$P = 0.8 (0.225 f'c Ag + Fy As) \quad 1\% Ag \leq As \leq 6\% Ag$$

$$P = 2,400 \text{ kg/m}^3 * 16.60\text{m}^2 = 3,9840.00 \text{ kg.}$$

$$3,9840.00\text{kg} = 0.8*((0.225 * 210\text{kg/cm}^2 * Ag) + (2,810\text{kg/cm}^2 * 0.01 * Ag))$$

$$\text{Despejando } Ag = 660.92 \text{ cm}^2$$

Proponiendo una columna de $30 * 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2 > Ag$.

Vigas: para pre-dimensionar las vigas, el método utilizado determina el peralte o altura de la viga, ésta depende de la luz que cubra la viga. La base de la viga queda a criterio del diseñador. En este caso sólo se calcula la viga crítica, es decir, la de mayor longitud, quedando las demás con igual sección, el espesor mínimo de la viga no pretensada con ambos extremos continuos es $L/21$, donde L es la luz máxima. La base de la columna es de 30 cm se tiene una luz de $6.60 - 0.30 = 6.30$.

$$6.30 / 21 = 0.31$$

Para este caso en particular se tendrá dos secciones de vigas una para el segundo nivel como para el primero siendo las siguientes las propuestas:

Primer Nivel: **25 * 40 m**

Segundo Nivel: **20 * 35 m**

Losas: el método usa como variable las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos que tiene. En este caso, todas las losas están apoyadas en los cuatro lados, aunque se tiene dos medidas de losa, por tanto se toma la crítica y el peralte resultante se usa en ambas.

$$t_{\text{Losa}} = (\text{Perímetro de losa}) / 180$$

$$t_{\text{Losa}} = (6.30\text{m} * 2.00 + 4.00\text{m} * 2.00) / 180 = 0.114 \text{ m.}$$

Se propone por seguridad una losa para ambos niveles de 0.12 metros de espesor.

2.2.2.2 Modelos matemáticos de marcos dúctiles

Un marco dúctil se define como un sistema estructural que consta de vigas y columnas. También, su modelo matemático define la forma y las cargas que soporta, este modelo se utilizará para el análisis estructural.

En la geometría y en las cargas aplicadas, existe una similitud de los marcos dúctiles, por lo cual solo se analizarán los críticos en el sentido X – X y sentido Y – Y, en las figuras 5 y 6 se muestran la distribución de las columnas y las vigas con sus respectivas medidas.

Figura 5. Modelo matemático de la estructura en el sentido y – y.

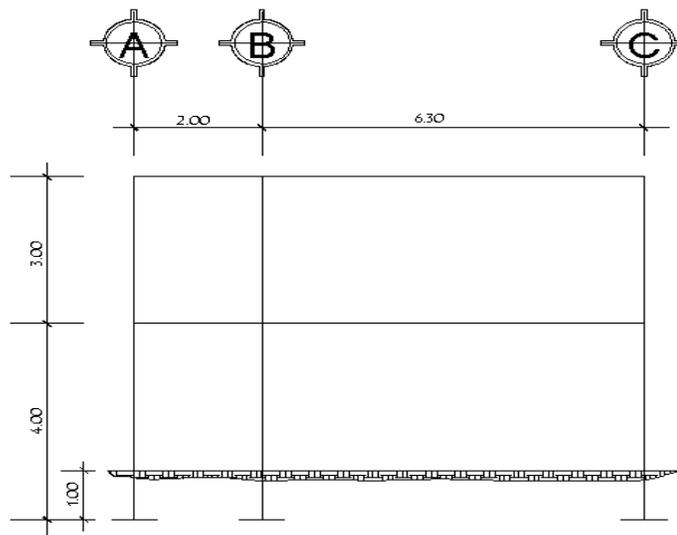
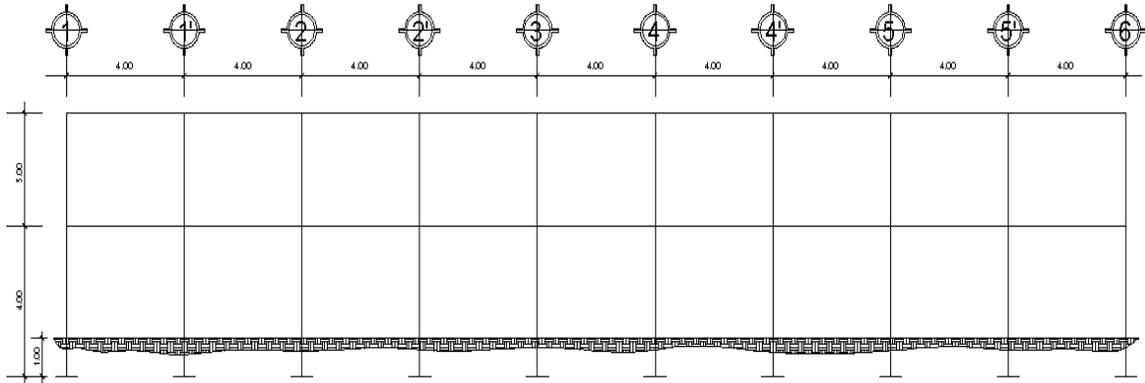


Figura 6. Modelo matemático de la estructura en el sentido x – x.



2.2.2.3 Cargas verticales y horizontales aplicadas a marcos dúctiles

Las estructuras están sometidas a cargas de diferentes índole, para clasificación existen varios métodos, aquí se hace distinción de acuerdo a la dirección de su aplicación.

Carga muerta (CM)

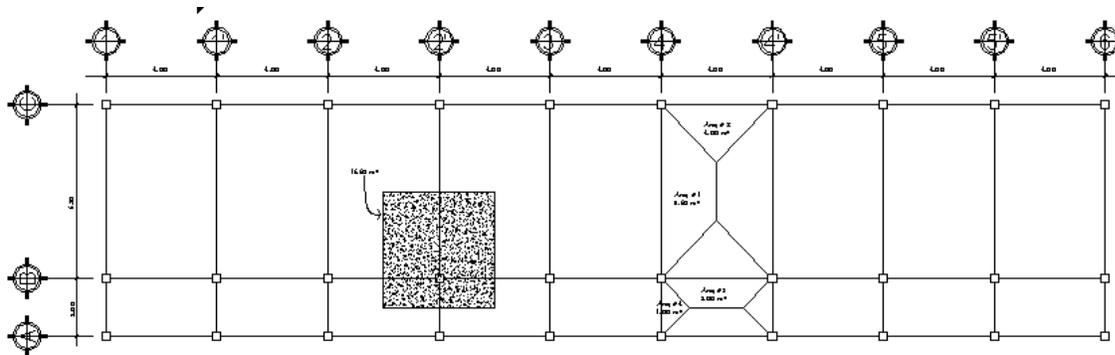
Peso del concreto	=	2,400 kg/m ³
Peso de acabados	=	60 kg/m ²
Peso de muros	=	150 kg/m ²
Pisos	=	120 kg/m ²
Sobrecarga	=	100 kg/m ²

Carga viva (CV) (AGIES)

En techo	=	100 kg/m ²
En pasillos	=	500 kg/m ²
En aulas	=	300 kg/m ²

En la figura 7 se puede observar la planta típica del edificio escolar y las áreas tributarias de la losas hacia las vigas y columnas.

Figura 7. Planta típica, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.



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

- a. El peso de la columna del primer nivel debe tomarse desde la cimentación hasta la mitad de las columnas del segundo nivel.
- b. 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.

a. Segundo nivel

Carga muerta

$$\begin{aligned}
 W_{\text{losa}} &= (\text{área} * \text{espesor} * \text{peso concreto}) + (\text{área} * \text{sc}) \\
 W_{\text{losa}} &= (298.80\text{m}^2 * 0.12\text{m} * 2,400\text{kg/m}^3) + (298.80\text{m}^2 * 100\text{kg/m}^2) \\
 W_{\text{losa}} &= 115,934.40 \text{ kg.} \\
 W_{\text{viga}} &= (\text{base viga} * \text{peralte viga} * \text{ml de viga} * \text{peso concreto}) \\
 W_{\text{viga}} &= (0.20\text{m} * 0.23\text{m} * 191\text{m} * 2,400\text{kg/m}^3) \\
 W_{\text{viga}} &= 21,086.40 \text{ kg.} \\
 W_{\text{columna}} &= (\text{sección col.} * \text{alto col.} * \text{núm. col.} * \text{peso concreto}) \\
 W_{\text{columna}} &= (0.30\text{m} * 0.30\text{m} * 1.50\text{m} * 30 * 2,400\text{kg/m}^3) \\
 W_{\text{columna}} &= 9,720 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Wacabados} &= (\text{área de losa} * \text{W acabados}) \\ \text{Wacabados} &= (298.80\text{m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2) \\ \text{Wacabados} &= 17,928.00 \text{ kg.} \\ \text{Total de la carga muerta CM} &= \mathbf{164,668.80 \text{ kg.}} \end{aligned}$$

Carga viva

$$\begin{aligned} \text{CV} &= (298.80 \text{ m}^2 * 100.00 \text{ kg/m}^2) \\ \text{CV} &= \mathbf{29,880.00 \text{ kg.}} \end{aligned}$$

Peso del segundo nivel

$$\begin{aligned} \text{W} &= \text{CM} + 0.25\text{CV} \\ \text{W} &= 164,668.80 \text{ kg} + (0.25 * 29,880.00) \text{ kg} \\ \text{W} &= \mathbf{172,138.80 \text{ kg}} \end{aligned}$$

b. Primer nivel

Carga muerta

$$\begin{aligned} \text{Wlosa} &= (\text{área} * \text{espesor} * \text{peso concreto}) \\ \text{Wlosa} &= (298.80\text{m}^2 * 0.12\text{m} * 2,400\text{kg/m}^3) \\ \text{Wlosa} &= 166,730.40 \text{ kg.} \\ \text{Wviga} &= (\text{base viga} * \text{peralte viga} * \text{ml de viga} * \text{peso concreto}) \\ \text{Wviga} &= (0.25\text{m} * 0.28\text{m} * 191\text{m} * 2,400\text{kg/m}^3) \\ \text{Wviga} &= 32,088.00 \text{ kg.} \\ \text{Wcolumna} &= (\text{sección col.} * \text{alto col.} * \text{núm. col.} * \text{peso concreto}) \\ \text{Wcolumna} &= (0.30\text{m} * 0.30\text{m} * 5.50\text{m} * 30 * 2,400\text{kg/m}^3) \\ \text{Wcolumna} &= 35,640.00 \text{ kg.} \\ \text{Wacabados} &= (\text{área de losa} * \text{W acabados}) \\ \text{Wacabados} &= (298.80\text{m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2) \\ \text{Wacabados} &= 17,928.00 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S.C.} &= (\text{área losa} * \text{S.C.}) \\ \text{S.C.} &= (298.80\text{m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) \\ \text{S.C.} &= 29,880.00 \end{aligned}$$

Total de la carga muerta CM = **282,266.40 kg**

Carga viva

$$\begin{aligned} \text{CV} &= (300 \text{ kg/m}^2 * 226.80 \text{ m}^2) + (500.00 \text{ kg/m}^2 * 72.00\text{m}^2) \\ \text{CV} &= \mathbf{104,040.00 \text{ kg.}} \end{aligned}$$

Peso del primer nivel

$$\begin{aligned} W &= \text{CM} + 0.25\text{CV} \\ W &= 282,266.40 \text{ kg} + (0.25 * 104,040.00\text{kg}) \\ W &= \mathbf{308,276.40 \text{ kg.}} \end{aligned}$$

Resumen:

$$\begin{aligned} W \text{ del primer nivel} &= 308,276.40 \text{ kg.} \\ W \text{ del segundo nivel} &= 172,138.80 \text{ kg.} \\ \text{Peso total (W)} &= \mathbf{480,415.20 \text{ kg.}} \end{aligned}$$

Cálculo del corte basal

El corte basal es la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. Para obtener su valor se utilizó el método SEAOC, método estático equivalente, el cual consiste en encontrar una fuerza en la base del edificio que se esta sacudiendo y según a la distribución de masas, la altura del edificio y la carga adicional; distribuirla en cada nivel del edificio, con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{V = ZIKCSW}$$

donde:

Z Se le denomina coeficiente de riesgo sísmico, varía según la zona sísmica del globo terráqueo.

Zona 0 = 0.00 cuando no existe la posibilidad de sismos.

Zona 1 = 0.25 cuando existe la posibilidad de un 25% de sismo.

Zona 2 = 0.50 cuando existe la posibilidad de un 50% de sismo.

Zona 3 = 0.75 cuando existe la posibilidad de un 75% de sismo.

Zona 4 = 1.00 cuando es un lugar de alta actividad sísmica.

I Depende de la importancia o la utilidad que se le vaya a dar a la estructura, después del sismo. En viviendas unifamiliares va a ser menor su coeficiente y para estructuras de uso público como hospitales, centros de comunicación, etc. el coeficiente será mayor; su rango estará comprendido entre $1.10 \leq I \leq 1.50$.

C Depende de la flexibilidad de la estructura, y se mide en base al período de vibración, donde t es el intervalo de tiempo que necesita la estructura completar una vibración.

S Depende el tipo de suelo a cimentar (resonancia del suelo), comprendida entre $1.00 \leq S \leq 1.50$, teniendo la limitación: $CS \leq 0.14$.

K Coeficiente dependiente del sistema estructural usado.

0.67 = para marcos dúctiles.

0.80 = para sistema dual.

1.33 = para sistema de cajón.

W Peso propio de la estructura más el 25% de las cargas vivas.

El sismo no actúa en una dirección determinada con respecto al edificio. Por tal razón se necesita evaluar el corte basal en las direcciones X – Y, con los valores resultantes se puede diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

En el sentido x del caso estudiado.

Z = 1 por ser una zona sísmica.

I = 1.30 para edificios de instituciones educativas.

K = 0.67 para marcos dúctiles

$C = \frac{1}{15\sqrt{t}} \leq 0.12$ Donde C no puede ser mayor de 0.12 y de serlo se utiliza 0.12

$t = \frac{0.0906H}{\sqrt{B}}$ H = Altura del edificio en metros.

B = Base del edificio en metros.

entonces:

$t = \frac{0.0906 * 7.00}{\sqrt{36}} = 0.11 \text{ seg.}$ t = 0.11 seg.

$C = \frac{1}{15\sqrt{0.11}} \leq 0.12$ C = 0.21 por lo que se utiliza 0.12

S = 1.5 porque no se conoce el valor de S, se utilizará el mayor valor permitido.

El valor CS debe ser menor de 0.14, si el producto de ambos coeficientes excede este valor se debe tomar 0.14 el valor conjunto de CS.

CS = (0.12 * 1.50) = 0.18, entonces se toma 0.14

V = (1 * 1.30 * 0.67 * 0.14 * (480,415.20 kg)

V = **58,581.83 kg.**

En el otro sentido el valor que podría variar es C por lo que se calcula:

$t = \frac{0.0906 * 7.00}{\sqrt{36}} = 0.11 \text{ seg.}$ t = 0.11 seg.

$C = \frac{1}{15\sqrt{0.22}} \leq 0.12$ C = 0.21 por o que se utiliza 0.12

CS = (0.12*1.50) = 0.18, entonces se toma 0.14

Debido a que estos valores no varían respecto al sentido de X, el corte basal es el mismo para ambas direcciones.

Fuerza por nivel

Es importante saber que el corte basal produce una distribución de fuerzas en cada piso, para los cuales es necesario conocer este valor y así obtener un correcto análisis de la estructura.

La fuerza concentrada en la cúspide se determina como se verá a continuación y debe cumplir con las siguientes condiciones dadas en el código SEAOC.

Si $t < 0.25$ segundos; $F_t = 0$

Si $t > 0.25$ segundos; $F_t = 0.07 TV$

donde:

t = es el intervalo de tiempo que necesita la estructura para completar una vibración.

Por lo tanto, el valor de la fuerza, es decir, del corte basal V, puede ser distribuida en los niveles de la estructura, según la fórmula.

$$F_i = \frac{(V - F_t) * W_i H_i}{\sum W_i H_i}$$

donde:

- V = Corte basal.
- Wi = Peso de la carga nivel.
- Fi = Fuerza por nivel.
- Ft = Fuerza en la cúspide.
- Hi = Altura de cada nivel.

Tabla IV. Fuerza por nivel, edificio escolar escuela aldea Chirijox.

NIVEL	Hi (m)	Wi (kg)	WiHi	V(kg)	Ft	FUERZA POR NIVEL (kg)
1°	4	308,276.40	1,233,105.60	58,581.83	0	29,628.92
2°	7	172,138.80	1,204,971.60	58,581.83	0	28,952.91
			2,438,077.20			58,581.83

A manera de comprobación:

$$V = Ft + F2 + F1$$

$$V = 0 + 29,628.92 + 28,952.91$$

$$V = 58,581.83 \text{ kg.}$$

Fuerzas por marco: en las estructuras se calculará dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, si los marcos espaciados están simétricamente colocados. Si los marcos espaciados son asimétricos se tendrá que dividir la fuerza del piso Fi proporcional a la rigidez de los marcos.

a. Fuerza por marcos y – y

El edificio es simétrico en y, por lo que la fuerza por marcos será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido y.

Segundo nivel:

La fuerza del segundo nivel debe incluir Ft.

$$F_m = \frac{F_2 + F_1}{\text{No.de_marcos}} \quad F_m = \frac{28,952.91 + 0}{10} \quad \mathbf{F_m = 2,895.29 \text{ kg.}}$$

Primer nivel:

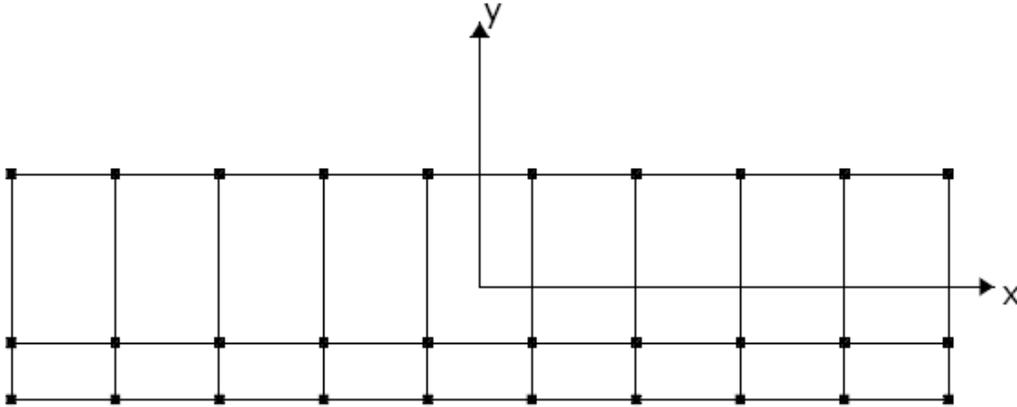
$$F_m = \frac{F_1}{\text{No.de_marcos}} \quad F_m = \frac{29,628.91}{10} \quad \mathbf{F_m = 2,962.89 \text{ kg.}}$$

b. Fuerza por marcos x – x.

No existe simetría en el sentido X, ya que los marcos no están separados a la misma distancia, esto genera desigualdad entre el centro de masa y el centro de rigidez, lo que provoca la existencia de excentricidad y por lo tanto esfuerzos de torsión en el edificio, esto se puede observar en la figura 8. Un método simplificado de analizar la torsión en las estructuras consiste en considerar separadamente los desplazamientos relativos del edificio, ocasionados por la traslación y rotación en cada piso, tomando en cuenta la rigidez de cada nivel, estas fuerzas tendrán un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortantes por torsión en proporción a su rigidez. En la figura 8 se muestra la simetría con respecto al eje Y y X del edificio escolar.

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

Figura 8. Simetría del edificio escolar escuela aldea Chirijox.



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

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

$$K = \frac{1}{\frac{Ph^3}{12EI} + \frac{1.2Ph}{AG}} \quad \text{donde:} \quad I = \frac{1}{12}bh^3 \quad E = 15,100\sqrt{f'c} \quad G = 0.40E$$

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

$$K = \frac{1}{\frac{Ph^3}{12EI} + \frac{1.2Ph}{AG}}$$

donde:

P = carga asumida

h = altura del muro o columna analizada

E = módulo de elasticidad del concreto ($15,100\sqrt{f'c}$)

I = inercia del elemento $I = \frac{1}{12}bh^3$

A = sección transversal del muro o columna analizada

G = módulo de rigidez (0.40 E)

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

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

Fuerza de marco por torsión

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

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

Para esto se utilizan las siguientes fórmulas:

$$F_i' = \frac{K_m * F_n}{\sum \text{No.de_marcos}} \quad F_i'' = \frac{e * F_n * \text{No.de_marcos}}{E_i} \quad E_i = \frac{\sum (K_{mdi})^2}{K_{mdi}}$$

donde:

K_m = Rigidez del marco

$\sum K_i$ = Rigidez total del nivel. Es la sumatoria de las rigideces de los marcos paralelos a la carga.

- di = Distancia del CR al marco considerado
- Fn = Fuerza por nivel
- Ei = Relación entre rigideces y brazo de cada marco.
- e = Excentricidad

Segundo nivel: la rigidez en la columna X-X se utiliza la fórmula de voladizo por ser el último nivel.

$$K_c = \frac{1}{\frac{10,000 * 300^3}{15,100 \sqrt{210 * 30^4}} + \frac{1.2 * 10,000 * 300}{30^2 * 0.4 * 15,100 \sqrt{210}}} \quad K_c = 0.16$$

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

$$K_m = 10 \quad \text{y} \quad K = 0.16 * 10 = 1.63$$

En la siguiente tabla se calcula el centro de rigidez del segundo nivel del edificio escolar.

Tabla V. Cálculo del centro de rigidez en el segundo nivel, edificio escolar escuela aldea Chirijox.

Marco	K	L(m)	KL
1	1.63	8.30	13.52
2	1.63	2.00	3.26
3	1.63	0.00	0.00
4.89			16.78

CR = Centro de rigidez

$$CR = \frac{KL}{K} \quad CR = \frac{65.65}{19.12} \quad CR = 3.43$$

$$CM_x = \frac{8.30}{2} \quad CM_x = 4.15$$

$$CM_y = \frac{36.00}{2} \quad CM_y = 18.00$$

$$e = CM - CR = 4.15 - 3.43 = 0.72$$

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

$$e_{\min} = 5\% * 8.30 = 0.42$$

$$\text{Usar } e = 0.72\text{m}$$

Tabla VI. Fuerza por marco por torsión del segundo nivel, edificio escolar escuela aldea Chirijox.

Marco	KmDi	Di	(KmDi) ²	(KmDi) ²	Ei	Fi'	Fi''	Fm
1	1.63	4.87	7.93	62.84	12.56	9,650.97	956.60	10607.57
2	1.63	-1.43	-2.33	5.45	-42.65	9,650.97	-281.74	9,369.23
3	1.63	-3.33	-5.59	31.28	-17.80	9,650.97	-674.86	8976.11
				99.57				

En la tabla VI se calculan las fuerzas por marcos por torsión del segundo nivel del edificio escolar, si el valor $F_m < F_i'$ se debe tomar F_i' como la fuerza de marco. Si el valor de $F_m > F_i''$, F_m será el valor del marco analizado. Es decir, que se toman los valores críticos.

Primer nivel: la rigidez de la columna se trabaja como doblemente empotrada. En la tabla VII se calcula el centro de rigidez de este nivel.

$$K_c = \frac{1}{\frac{10,000 * 300^3}{15,100\sqrt{210} * 30^4} + \frac{1.2 * 10,000 * 300}{30^2 * 0.4 * 15,100\sqrt{210}}} \quad K_c = 0.6373$$

$$K_m = 10 \quad K = 10 * 0.6373 = 6.37$$

Tabla VII. Cálculo del centro de rigidez en el primer nivel, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

Marco	K	L(m)	KL
1	6.37	8.30	52.90
2	6.37	2.00	12.75
3	6.37	0.00	0.00
19.12			65.65

CR = Centro de rigidez

$$CR = \frac{KL}{K} \quad CR = \frac{65.65}{19.12} \quad CR = 3.43 \text{ m}$$

$$CM_x = \frac{8.30}{2} \quad CM_x = 4.15 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{36.00}{2} \quad CM_y = 18.00 \text{ m}$$

$$e = CM - CR = 4.15 - 3.43 = 0.72$$

$$e_{\text{mín}} = 5\% B_x \quad e_{\text{mín}} = 5\% * 8.40 = 0.42 \quad \text{Usar } e = 0.72\text{m}$$

Tabla VIII. Fuerza por marco por torsión del primer nivel, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

Marco	Km	Di(m)	(KmDi)	(KmDi) ²	Ei	F _i '	F _i "(kg)	F _m (kg)
1	6.37	4.87	31.02	962.07	49.14	9,876.30	432.07	10,308.37
2	6.37	-1.43	-9.14	83.45	-166.86	9,876.30	-127.25	9,749.05
3	6.37	-3.43	-21.88	478.82	-69.66	9,876.30	-304.82	9,571.49

Cargas verticales en marcos dúctiles unidos con nudos rígidos

Carga muerta:

$$\text{Losa} = (2,400 \text{ kg/m}^3)(0.12\text{m}) = 288.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Muros divisorios y tabiques} = 150.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso propio de la viga 2do. nivel} = 168.00 \text{ kg/m}^2$$

Peso propio de la viga 1er. nivel	= 240.00 kg/m ²
Peso acabados	= 60.00 kg/m ²
Peso de piso	= 120.00 kg/m ²
Sobrecarga	= 100.00 kg/m ²
Carga viva:	
En techos	= 100 kg/m ²
En pasillos	= 500 kg/m ²
En aulas	= 300 kg/m ²

Áreas tributarias (ver figura 3).

A1 = 8.60 m ²	A2 = 4.00 m ²
A3 = 3.00 m ²	A4 = 1.00 m ²

Cálculo de cargas sobre el marco 2 sentido x – x. (Ver figura 9).

Segundo nivel: aquí no se incluye el peso de los muros y tabiques.

$$CM = ((448\text{kg/m}^2 \cdot (3.00\text{m}^2 + 4.00\text{m}^2)) / 4.00\text{m}) + 168\text{kg/m}^2$$

$$CM = 952.00 \text{ kg/m}$$

$$CV = ((100\text{kg/m}^2 \cdot (3.00\text{m}^2 + 4.00\text{m}^2)) / 4.00\text{m})$$

$$CV = 175.00 \text{ kg/m}$$

Primer nivel: tomando en cuenta los muros y tabiques.

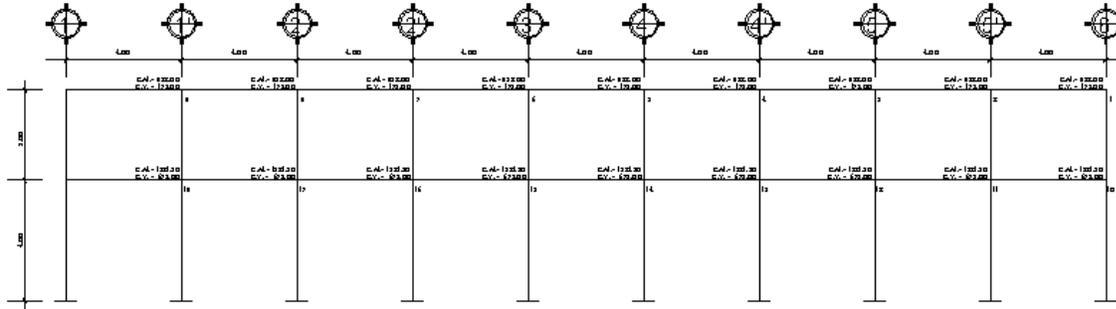
$$CM = ((618\text{kg/m}^2 \cdot (3.00\text{m}^2 + 4.00\text{m}^2)) / 4.00\text{m}) + 240\text{kg/m}^2$$

$$CM = 1,321.50 \text{ kg/m}$$

$$CV = ((300\text{kg/m}^2 \cdot 4.00\text{m}^2) + (500\text{kg/m}^2 \cdot 3.00\text{m}^2)) / 4.00\text{m}$$

$$CV = 675.00 \text{ kg/m}$$

Figura 9. Marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido X



Cálculo de cargas sobre el marco típico sentido y - y (ver figura 10.)

Segundo nivel:

Tramo 1 – 2

$$CM = ((448\text{kg/m}^2 * (8.60\text{m}^2 + 8.60\text{m}^2)) / 6.30\text{m}) + 168\text{kg/m}$$

$$CM = 1391.11 \text{ kg/m}$$

$$CV = ((100\text{kg/m}^2 * (8.60\text{m}^2 + 8.60\text{m}^2)) / 6.30\text{m})$$

$$CV = 273.02 \text{ kg/m}$$

Tramo 2 - 3

$$CM = ((448\text{kg/m}^2 * (1.00\text{m}^2 + 1.00\text{m}^2)) / 2.00\text{m}) + 168\text{kg/m}$$

$$CM = 616.00 \text{ kg/m}$$

$$CV = ((100\text{kg/m}^2 * (1.00\text{m}^2 + 1.00\text{m}^2)) / 2.00\text{m})$$

$$CV = 100.00 \text{ kg/m}$$

Primer nivel:

Tramo 4 - 5

$$CM = ((618\text{kg/m}^2 * (8.60\text{m}^2 + 8.60\text{m}^2)) / 6.30\text{m}) + 240\text{kg/m}$$

$$CM = 1927.24 \text{ kg/m}$$

$$CV = ((300\text{kg/m}^2 * (8.60\text{m}^2 + 8.60\text{m}^2)) / 6.30\text{m})$$

$$CV = 819.05 \text{ kg/m}$$

Tramo 5 - 6

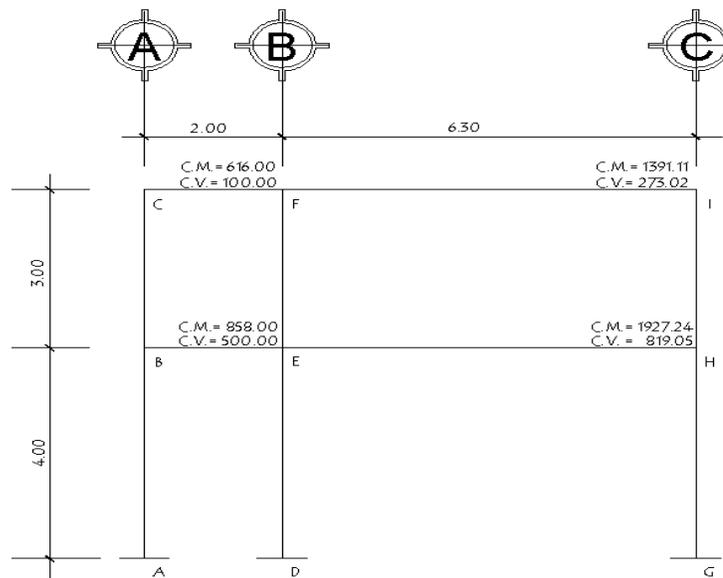
$$CM = ((618 \text{ kg/m}^2 * (1.00\text{m}^2 + 1.00\text{m}^2)) / 2.00\text{m}) + 240\text{kg/m}$$

$$CM = 858.00 \text{ kg/m}$$

$$CV = ((500\text{kg/m}^2 * (1.00\text{m}^2 * 1.00\text{m}^2)) / 2.00\text{m})$$

$$CV = 500.00 \text{ kg/m}$$

Figura 10. Marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido Y



2.2.2.4 Fuerzas internas halladas con un método de análisis estructural.

Análisis de marcos dúctiles unidos con nudos rígidos por el método de Kani. El siguiente resumen se aplica únicamente para miembros de sección constante.

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

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

- **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.

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

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

$$Q_n = \sum H$$

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

$$M_n = \frac{Q_n * h_n}{3} \quad h_n = \text{Altura del piso "n"}$$

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

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}} \quad \text{I inercia de elemento.}$$

K longitud de elemento.

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

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

➤ **Cálculo de factores de corrimiento (V_{ik}),** estos se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura o cuando se hace el análisis con la fuerzas horizontales aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

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

➤ **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}),** esto 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 lo momentos positivos en vigas ($M_{ik(+)}$)**

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

Donde:

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

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

Método de Kani – carga muerta – marco típico dúctil unido con nudos rígidos, sentido y

En las figuras 9 y 10 se mostró el marco típico del edificio escolar de dos niveles en el sentido X y Y, en la cual se encuentra ya calculadas tanto la carga viva (CV), como la carga muerta (CM), en kg/m, y también las dimensiones de cada nivel, con la figura 10 (sentido Y) se realizara el análisis estructural con el método de Kani.

➤ **Cálculo de momentos fijos (MF_{ik})**

$$MF_{BE} = -\frac{858.00 * 2.00^2}{12} = -286.00\text{kg-m} \quad = MF_{EB} = 286.00\text{kg-m}$$

$$MF_{CF} = -\frac{616.00 * 2.00^2}{12} = -205.33\text{kg-m} \quad = MF_{FC} = 205.33\text{kg-m}$$

$$MF_{EH} = -\frac{1,927.24 * 6.30^2}{12} = -6,374.34 \text{ kg-m} = MF_{HE} = 6,374.34 \text{ kg-m}$$

$$MF_{FI} = -\frac{1,391.11 * 6.30^2}{12} = -4,601.10 \text{ kg-m} = MF_{IF} = 4,601.10 \text{ kg-m}$$

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

$$\text{Nudo B} = MF_{BE} = -286.00 \text{ kg/m.}$$

$$\text{Nudo E} = MF_{EH} + MF_{EB} = -6,374.34 + 286.00 = -6,088.34 \text{ kg/m.}$$

$$\text{Nudo H} = MF_{HE} = 6,374.34 \text{ kg/m}$$

$$\text{Nudo C} = MF_{CF} = -205.33 \text{ kg/m.}$$

$$\text{Nudo F} = MF_{FI} + MF_{FC} = -4,601.10 + 205.33 = -4,395.77 \text{ kg/m.}$$

$$\text{Nudo I} = MF_{IF} = -4,601.10 \text{ kg/m.}$$

➤ **Cálculo de rigidez de los elementos** $K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}}$

$$\text{Inercia de los elementos rectangulares } I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_{columna} = \frac{30 * 30^3}{12} = 67,500.00 \text{ cm}^4$$

Inercia relativa: I cols. = 1

Segundo nivel:

$$I_{viga} = \frac{20 * 35^3}{12} = 71,458.33 \text{ cm}^4$$

$$I_{viga} = \frac{71,458.33}{67,500.00} = \mathbf{1.06}$$

Primer nivel:

$$I_{viga} = \frac{25 * 40^3}{12} = 133,333.33 \text{ cm}^4$$

$$I_{viga} = \frac{133,333.33}{67,500.00} = \mathbf{1.98}$$

Rigidez

$$K_{AB} = K_{BA} = K_{DE} = K_{ED} = K_{GH} = K_{HG} = \frac{1}{4} = 0.25$$

$$K_{BC} = K_{CB} = K_{RF} = K_{FE} = K_{HI} = K_{IH} = \frac{1}{3} = 0.33$$

$$K_{BE} = K_{EB} = \frac{1.98}{2.00} = 0.99$$

$$K_{EH} = K_{HE} = \frac{1.98}{6.30} = 0.31$$

$$K_{CF} = K_{FC} = \frac{1.06}{2.00} = 0.53$$

$$K_{FI} = K_{IF} = \frac{1.06}{6.30} = 0.17$$

➤ **Cálculo de factores de giro o coeficiente de reparto** $\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{in}}$

Nudo A,D,G: $\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{AB}}{K_{A-Suelo} + K_{AB}} = 0$

Nudo B:

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{BA}}{K_{BA} + K_{BE} + K_{BC}} = -\frac{1}{2} * \frac{0.25}{0.25 + 0.99 + 0.33} = -0.08$$

$$\mu_{BE} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{BE}}{K_{BA} + K_{BE} + K_{BC}} = -\frac{1}{2} * \frac{0.99}{0.25 + 0.99 + 0.33} = -0.31$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{BC}}{K_{BA} + K_{BE} + K_{BC}} = -\frac{1}{2} * \frac{0.33}{0.25 + 0.99 + 0.33} = -0.11$$

Nudo C:

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{CB}}{K_{CB} + K_{CF}} = -\frac{1}{2} * \frac{0.33}{0.33 + 0.53} = -0.19$$

$$\mu_{CF} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{CF}}{K_{CB} + K_{CF}} = -\frac{1}{2} * \frac{0.53}{0.33 + 0.53} = -0.31$$

➤ **Cálculo de Factores de corrimiento** $V = -\frac{3}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{in}}$

Segundo nivel:

$$V_{CB} = -\frac{3}{2} * \frac{K_{CB}}{K_{CB} + K_{FE} + K_{IH}} = -\frac{3}{2} * \frac{0.33}{0.33 + 0.33 + 0.33} = -0.50$$

$$V_{CB} = V_{FE} = V_{IH} = -0.50$$

Primer nivel:

$$V_{BA} = -\frac{3}{2} * \frac{K_{BA}}{K_{BA} + K_{ED} + K_{HG}} = -\frac{3}{2} * \frac{0.25}{0.25 + 0.25 + 0.25} = -0.50$$

$$V_{BA} = V_{BD} = V_{HG} = -0.50$$

➤ **Influencias de giro (M'_{ik})** –Primera iteración.

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

Nudo B:

$$\begin{aligned} M'_{BA} &= \mu_{BA} (M_{BE} + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BE})) \\ &= -0.08(-286.00 + (0 + 0 + 0)) \\ &= 22.76 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BE} &= \mu_{BE} (M_{BE} + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BE})) \\ &= -0.31(-286.00 + (0 + 0 + 0)) \\ &= 89.90 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BC} &= \mu_{BC} (M_{BE} + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BE})) \\ &= -0.11(-286.00 + (0 + 0 + 0)) \\ &= 30.34 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

Nudo C:

$$\begin{aligned} M'_{CB} &= \mu_{CB} (M_{CF} + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M'_{CB} + M''_{BC})) \\ &= -0.19(-205.33 + (30.34 + 0 + 0)) \\ &= 33.81 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{CF} &= \mu_{CF} (M_{CF} + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M'_{CB} + M''_{BC})) \\ &= -0.31(-205.33 + (30.34 + 0 + 0)) \\ &= 53.69 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

➤ **Influencias de desplazamiento (M''_{ik})** –Primera iteración.

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

Primer nivel:

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

$$M''_{BA} = -0.50(22.76 + 406.11 - 658.84)$$

$$M''_{BA} = M''_{ED} = M''_{GH} = 114.99 \text{ kg-m}$$

Segundo nivel:

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

$$M''_{BC} = -0.50(33.81 + 30.34 + 702.13 + 541.48 - 1647.17 - 878.45)$$

$$M''_{BC} = M''_{EF} = M''_{HI} = 608.93 \text{ kg-m}$$

➤ **Influencias de giro (M'_{ik})** –Segunda iteración.

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

Nudo B:

$$M'_{BA} = \mu_{BA} (M_{BE} + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BE}))$$

$$= -0.08(-286.00 + (114.99 + 1,604.38 + 33.81 + 608.93))$$

$$= -165.19 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BE} = \mu_{BE} (M_{BE} + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BE}))$$

$$= -0.31(-286.00 + (114.99 + 1,604.38 + 33.81 + 608.93))$$

$$= -652.61 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BC} = \mu_{BC} (M_{BE} + \sum (M'_{AB} + M'_{EB} + M'_{CB} + M''_{AB} + M''_{BE}))$$

$$= -0.11(-286.00 + (114.99 + 1,604.38 + 33.81 + 608.93))$$

$$= -220.26 \text{ kg-m}$$

Nudo C:

$$\begin{aligned} M'_{CB} &= \mu_{CB} (M_{CF} + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M'_{CB} + M''_{BC})) \\ &= -0.19(-205.33 + (-120.52 + 608.93 + 1114.96)) \\ &= -250.83 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{CF} &= \mu_{CF} (M_{CF} + \sum (M'_{BC} + M'_{FC} + M'_{CB} + M''_{BC})) \\ &= -0.31(-205.33 + (-120.52 + 608.93 + 1114.96)) \\ &= -398.31 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

➤ **Influencias de desplazamiento (M''_{ik})** –Segunda iteración.

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

Primer nivel:

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

$$M''_{BA} = -0.50(-165.19 + 421.22 - 842.71)$$

$$M''_{BA} = M''_{ED} = M''_{GH} = 293.34 \text{ kg-m}$$

Segundo nivel:

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

$$M''_{BC} = -0.50(-250.83 - 220.26 + 723.47 + 561.63 - 1,561.15 - 1123.61)$$

$$M''_{BC} = M''_{EF} = M''_{HI} = 935.37 \text{ kg-m}$$

➤ **Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra para columnas. (M_{ik}).**

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

Segundo nivel:

$$M_{BC} = M_{BC} + 2M'_{BC} + M'_{CB} + M''_{BC}$$

$$M_{BC} = 0 + 2(-252.52) - 335.22 + 1134.53$$

$$M_{BC} = 294.28 \text{kg} - m$$

$$M_{CB} = M_{CB} + 2M'_{CB} + M'_{BC} + M''_{CB}$$

$$M_{CB} = 0 + 2(-335.22) - 252.52 + 1134.53$$

$$M_{CB} = 211.57 \text{kg} - m$$

- **Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra para vigas. (M_{ik}).**

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

Segundo nivel:

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

$$M_{CF} = -205.33 + 2(-532.32) + 1051.23$$

$$M_{BC} = -218.75 \text{kg} - m$$

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

$$M_{FC} = 205.33 + 2(-1051.23) - 532.32$$

$$M_{FC} = 1775.47 \text{g} - m$$

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 de los análisis de Kani – marco típico dúctil unido con nudos rígidos, sentido y-y.

Los resultados del análisis estructural por separación de carga muerta, viva y sismo en el sentido Y, se presentan en la figura 11,12 y 13.

Figura 11. Diagrama de momentos (Kg-m) - carga muerta – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido Y, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

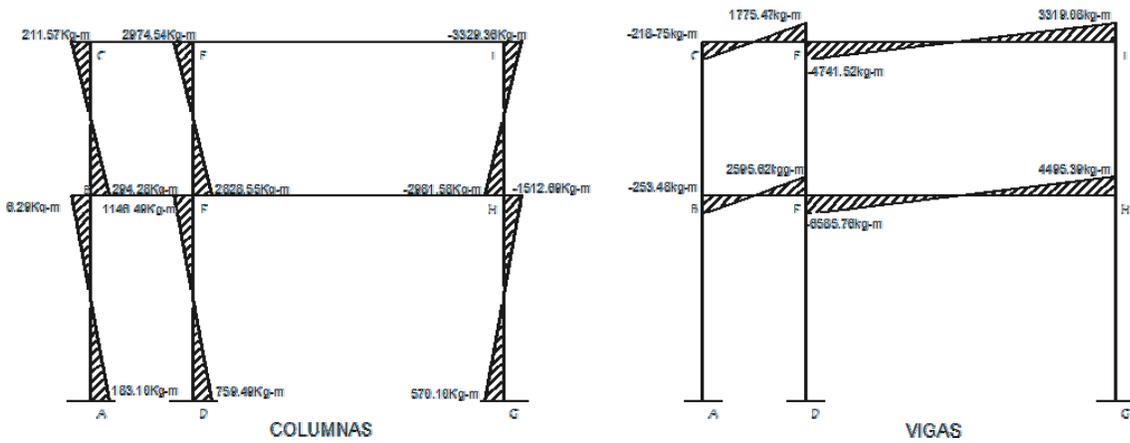


Figura 12. Diagrama de momentos (Kg-m) - carga viva – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido Y, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

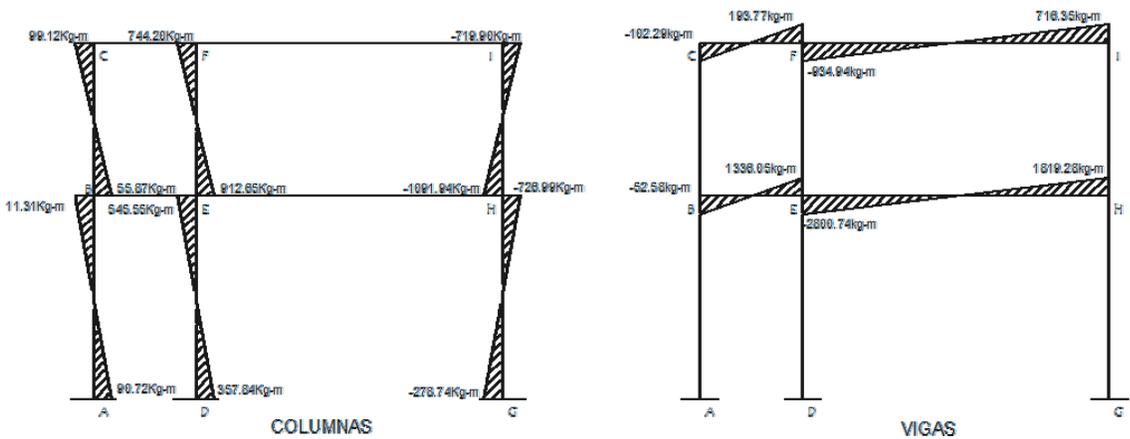
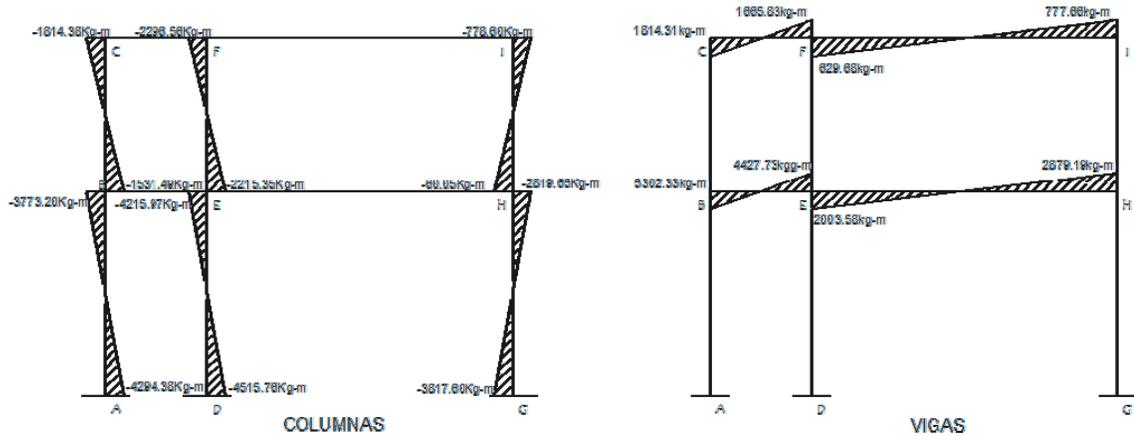


Figura 13. Diagrama de momentos (Kg-m) – fuerza sísmica – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido Y, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.



2.2.2.5 Momentos últimos por envoltorio de momentos.

La envoltorio 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.

Fórmulas para considerar la superposición de efectos, el código ACI propone las siguientes combinaciones.

$$M(-) = 0.75(1.4 CM + 1.7 CV + 1.87 S)$$

$$M(-) = 0.75(1.4 CM + 1.7 CV - 1.87 S)$$

$$M_i = 0.90 CM +/- 1.43 S$$

$$M_i = 1.4 CM + 1.7 CV$$

En las tablas IX y X se calcula la envoltorio de momentos para vigas y columnas respectivamente, para el edificio escolar de dos niveles Escuela aldea Chirijox.

Tabla IX. Envolvente de momentos en vigas, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

COMBINACIONES						MOMENTO MAXIMO - (Kg-m)	MOMENTO MAXIMO + (Kg-m)
	1.4CM+1.7CV	0.75*(1.4CM+1.7CV+1.87S)	0.75*(1.4CM+1.7CV-1.87S)	0.9* CM+1.43S	0.9* CM-1.43S		
Mbe	-444.25	7103.33	-7769.72	7354.21	-7810.47	-7810.47	7354.21
Meh	-13981.32	-7675.97	-13296.02	-3062.06	-8792.31	-13981.32	-3062.06
Meb	5905.15	10638.75	-1781.03	8667.71	-3995.59	-3995.59	10638.75
Mhe	9386.32	11077.80	3001.68	8163.09	-71.39	-71.39	11077.80
Mcf	-480.14	2184.46	-2904.67	2397.59	-2791.33	-2904.67	2397.59
Mfi	-8226.69	-5286.89	-7053.15	-3366.93	-5167.81	-8226.69	-3366.93
Mfc	2815.08	4447.64	-225.02	3980.07	-784.21	-784.21	4447.64
Mif	5864.51	5489.05	3307.71	4099.23	1875.12	1875.12	5864.51

Tabla X. Envolvente de momentos en columnas, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

COMBINACIONES						MOMENTOS FINALES (Kg-m)
	1.4CM+1.7CV	0.75*(1.4CM+1.7CV+1.87S)	0.75*(1.4CM+1.7CV-1.87S)	0.9* CM+1.43S	0.9* CM-1.43S	
Mcb	464.71	-2196.14	2893.20	-2404.15	2784.98	2893.20
Mfe	5429.50	851.20	7293.05	-606.99	5961.17	7293.05
Mih	-5882.13	-5503.58	-3319.61	-4108.01	-1881.23	-5503.58
Mbc	506.96	-1767.69	2528.14	-1925.18	2454.88	2528.14
Mef	5511.47	1026.58	7240.62	-622.25	5713.64	7240.62
Mhi	-6030.51	-4607.10	-4438.67	-2769.29	-2597.56	-6030.51
Mba	10.42	-5284.10	5299.72	-5401.33	5390.01	5390.01
Med	2532.52	-4013.50	7812.28	-4996.99	7060.68	7812.28
Mhg	-3353.64	-6469.79	1439.32	-5393.52	2670.68	-6469.79
Mab	410.56	-5714.94	6330.78	-5976.17	6305.75	6330.78
Mde	1671.61	-5079.64	7587.06	-5774.00	7141.08	7587.06
Mgh	-1271.47	-6307.79	4400.58	-5972.26	4946.08	-6307.79

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.

$$CU = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$CU_{cf} = 1.4 (616.00 \text{ kg/m}) + 1.7 (100.00 \text{ kg/m}) = 1032.40 \text{ kg/m}$$

$$CU_{fi} = 1.4 (1391.11 \text{ kg/m}) + 1.7 (273.02 \text{ kg/m}) = 2411.68 \text{ kg/m}$$

$$CU_{be} = 1.4 (858.00 \text{ kg/m}) + 1.7 (500.00 \text{ kg/m}) = 2051.20 \text{ kg/m}$$

$$CU_{eh} = 1.4 (1927.24 \text{ kg/m}) + 1.7 (819.05 \text{ kg/m}) = 4090.51 \text{ kg/m}$$

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

$$M_{(+)} = \frac{1032.40 * 2.00^2}{8} - \frac{2904.67 + 784.21}{2} = 1328.24 \text{ kg} - m$$

$$M_{(+)} = \frac{2411.68 * 6.30^2}{8} - \frac{8226.69 + 1875.12}{2} = 6914.05 \text{ kg} - m$$

$$M_{(+)} = \frac{2051.20 * 2.00^2}{8} - \frac{7810.47 + 3995.59}{2} = 4877.43 \text{ kg} - m$$

$$M_{(+)} = \frac{4090.51 * 6.30^2}{8} - \frac{13981.32 + 71.39}{2} = 13267.71 \text{ kg} - m$$

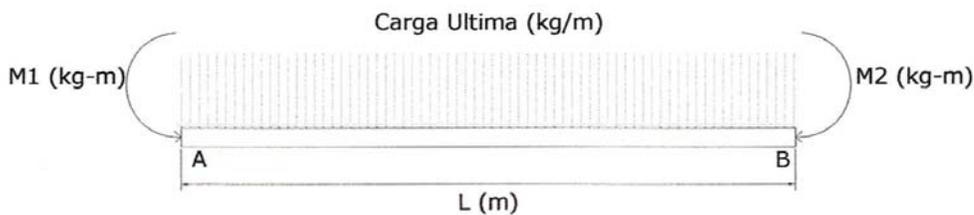
Cálculo de cortes en vigas

Para el cálculo de cortes de vigas se debe descomponer la estructura y realizar sumatoria de momentos respecto a un extremo y así obtener una

reacción, después se puede realizar sumatoria de momentos en el otro extremo o bien 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.

Como las vigas son iguales, tanto para el primer nivel como para el segundo nivel, en la figura 14 se muestra el modelo matemático para calcular las reacciones en los apoyos de las vigas.

Figura 14. Modelo matemático de las vigas para el cálculo de sus reacciones en los apoyos.



Viga CF.

$$\sum M_c = 0$$

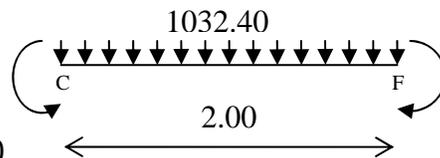
$$2904.67 - 4447.64 + (1032.40 \cdot 2.00^2) / 2 - 2.00 R_{fc} = 0$$

$$R_{fc} = 260.92 \text{ kg.}$$

$$\sum F_v = 0$$

$$(1032.40 \cdot 2.00) - 260.92 + R_{cf}$$

$$R_{cf} = 1803.88 \text{ kg}$$

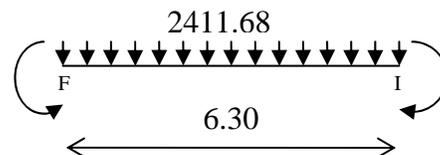


Viga IF

$$\sum M_f = 0$$

$$8226.69 - 5864.51 + (2411.68 \cdot 6.30^2) / 2 - 6.30 R_{if} = 0$$

$$R_{if} = 7971.75 \text{ kg.}$$



$$\sum F_v = 0$$

$$(2411.68 * 6.30) - 7971.75 + R_{fi} = 0$$

$$R_{fi} = 7221.85 \text{ kg}$$

Viga BE.

$$\sum M_b = 0$$

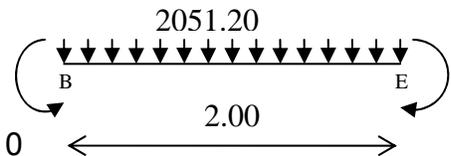
$$7810.47 - 10638.75 + (2051.20 * 2.00^2) / 2 - 2.00 R_{eb} = 0$$

$$R_{eb} = 637.06 \text{ kg.}$$

$$\sum F_v = 0$$

$$(2051.20 * 2.00) - 637.06 + R_a = 0$$

$$R_{be} = 3465.34 \text{ kg}$$



Viga EH.

$$\sum M_e = 0$$

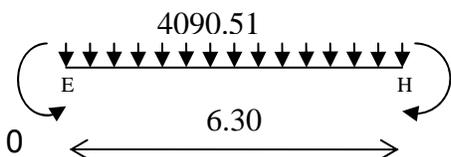
$$13981.32 - 11077.80 - (4090.51 * 6.30^2) / 2 - 6.30 R_{he} = 0$$

$$R_{he} = 13346.00 \text{ kg.}$$

$$\sum F_v = 0$$

$$(4090.51 * 6.30) - 13346.00 + R_{eh} = 0$$

$$R_{eh} = 12424.24 \text{ kg}$$



2.2.2.6 Diagrama de momentos y corte

En las figuras 15 y 16 se muestran los diagramas de envolventes de momentos últimos Kg-m y diagrama de cortes últimos (kg), respectivamente del marco típico sentido y – y, estos resultados son los que utilizaremos para el diseño de los distintos elementos estructurales.

Figura: 15. Diagrama de envolvente de momentos últimos (kg.-m) – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido y, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

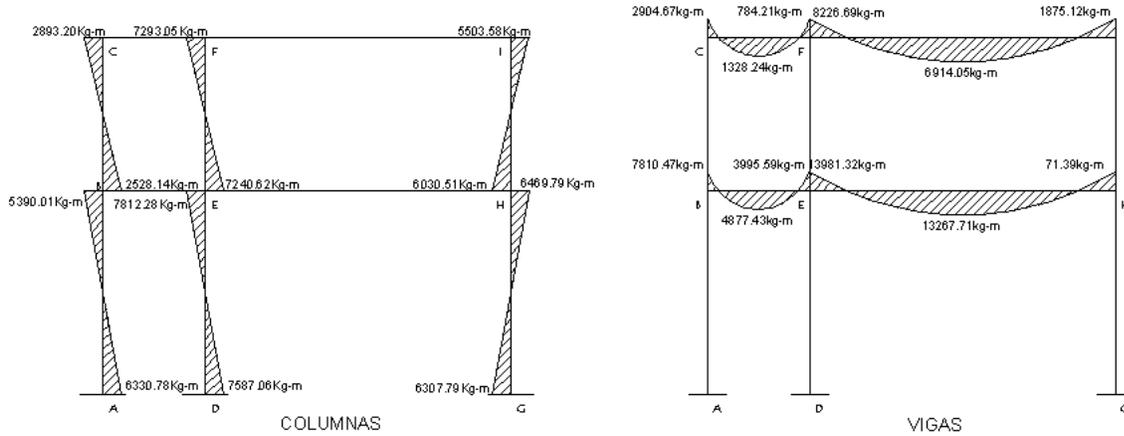
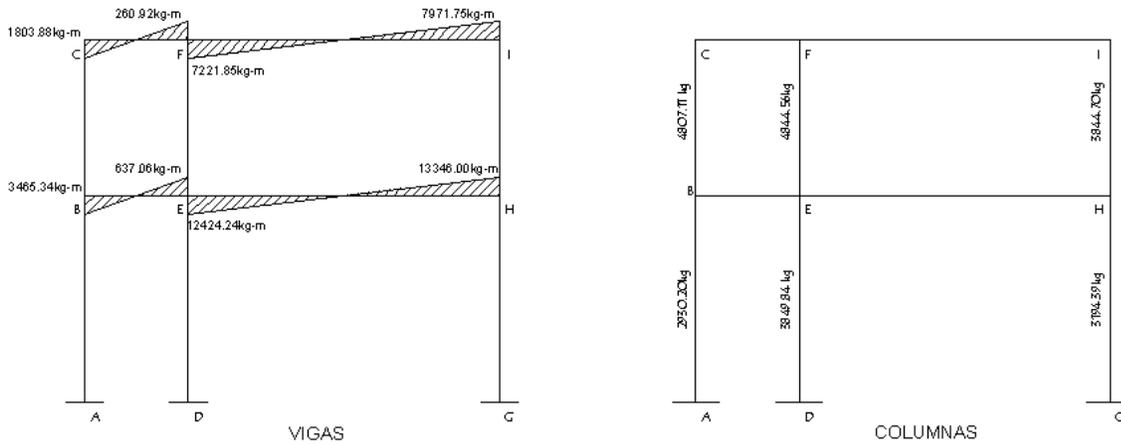


Figura 16. Diagrama de cortes últimos (kg.) – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido y, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.



Resultado del análisis de Kani – marcos típico sentido X – X

Para el análisis del marco en el sentido X, se aplicó el mismo procedimiento que se describió en el marco del sentido Y, los resultados del análisis se presenta en las figuras 17 y 18.

Figura 17. Diagrama de momentos últimos kg-m – marco dúctil unido con nudos rígidos sentido X, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

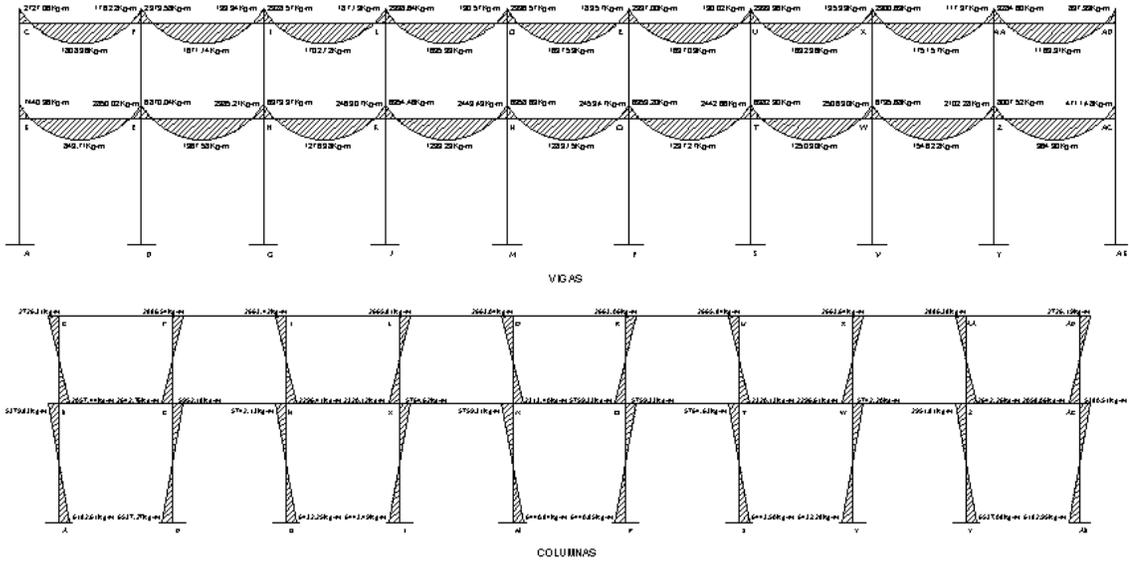
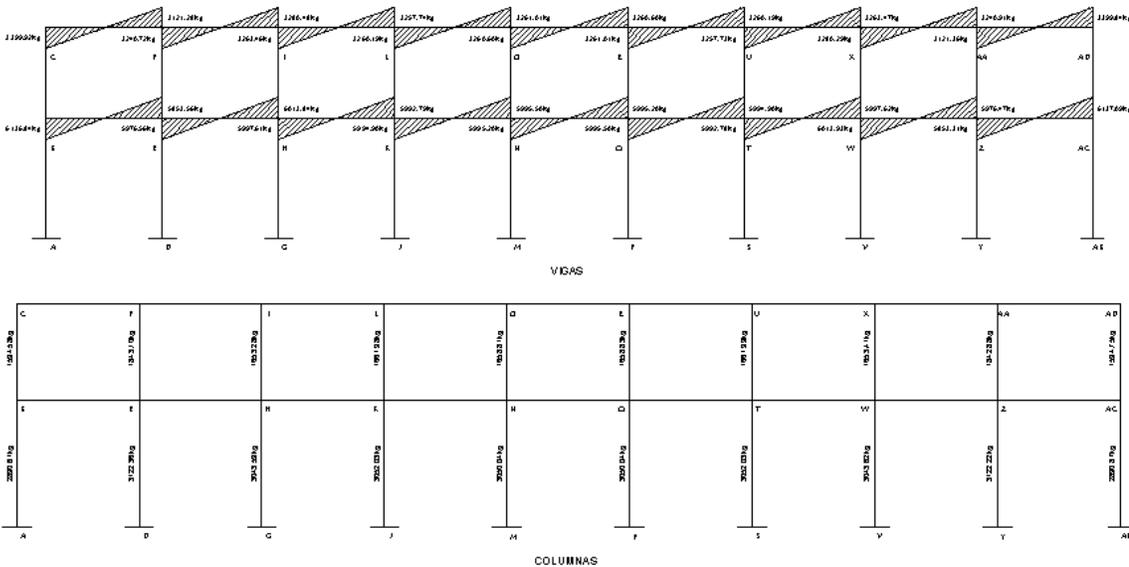


Figura 18. Diagrama de corte últimos (kg) – marco típico dúctil unido con nudos rígidos sentido X, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.



2.2.3 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 los distintos elementos que componen una estructura, 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, se usaran los siguientes datos.

- f_y Resistencia a la fluencia del acero = 2,810.00 kg/cm²
- E_s Módulo de elasticidad del acero = 2.10*10E6 kg/cm²
- f'_c Resistencia a la compresión del concreto = 210 kg/cm²
- E_c Módulo de elasticidad del concreto = 15,100 $\sqrt{f'_c}$ kg/cm²
- E_c Peso específico del concreto = 2,400 kg/cm³
- V_s Valor soporte del suelo = 7.6 ton/m²

Se usaron los siguientes recubrimientos en:

Vigas	= 0.025 m	Losas	= 0.025 m
Columnas	= 0.03 m	Cimientos	= 0.075 m

2.2.3.1 Diseño de losas

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

El método que se utilizará para el diseño de losas del edificio escolar será el método 3 de ACI. Para este método, el código ACI 319-99, proporciona tablas

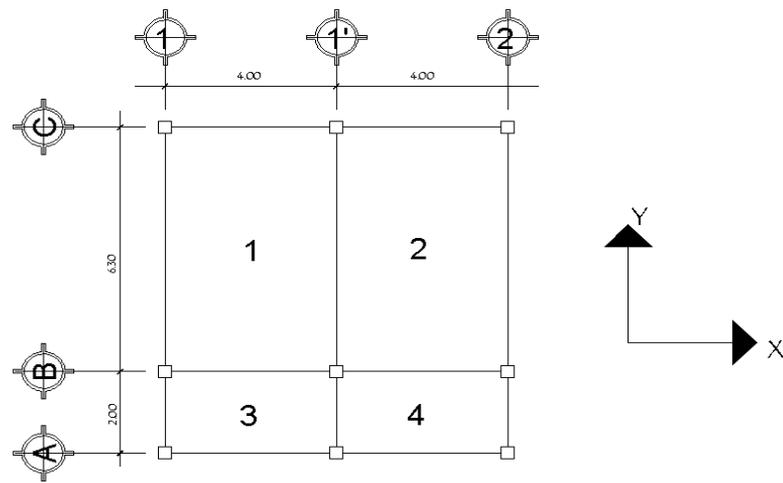
de coeficientes de momentos para una variedad de condiciones de apoyos y bordes. Estos coeficientes se basan en un análisis elástico, y una distribución inelástica. Los momentos al centro de ambas direcciones de losa son mayores que en las regiones cerca de los bordes. El método define que, si la relación $m = \frac{a}{b}$ es mayor de 0.5, se considera la losa como reforzada en dos direcciones, y solo se puede usar en losas rectangulares, 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.

2.2.3.1.1 Losas nivel 1

Espesor de losa: Anteriormente se ha calculado, siendo este de $t = 0.12$ m.

Como se estableció inicialmente se determinará si la losa trabaja en un sentido o dos sentidos, en la figura 19, aparecen las losas típicas del primer nivel, en este caso se muestra el análisis de las primeras cuatro losas, las demás se calculan de la misma manera.

Figura 19. Losa del edificio escolar Escuela aldea Chirijox



$$m = \frac{a}{b}; \mathbf{a} = \text{lado menor, } \mathbf{b} = \text{lado mayor}$$

$$m_1 = m_2 = \frac{4.00}{6.30} = \mathbf{0.63} = > \mathbf{0.5}; \text{ trabaja en dos sentidos}$$

$$m_2 = m_4 = \frac{2.00}{4.00} = \mathbf{0.50} = > \mathbf{0.5}; \text{ trabaja en dos sentidos,}$$

El siguiente paso es el cálculo de cargas.

Carga muerta:	Acabados =	60.00 kg/m ²
	Peso de la losa (0.12m * 2400 k/m ³)=	288.00 kg/m ²
	Wpiso + mezclón =	144.00 kg/m ²
	Wmuros =	150.00 kg/m ²
	Total de cara muerta =	642.00 kg/m ²

Carga viva:	Techos =	100.00 kg/m ²
	Aulas =	300.00 kg/m ²
	Pasillos =	500.00 kg/m ²

$$CU = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$CU_{1,2} = 1.4(642.00) + 1.7(300.00) = 898.80 + 510.00 = 1408.80 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_{3,4} = 1.4(642.00) + 1.7(500.00) = 898.80 + 850.00 = 1748.80 \text{ kg/m}^2$$

Para el cálculo de momentos se utilizarán 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

$$Ma^- = (0.089)(1408.80)(4.00)^2 = 2006.13 \text{ kg-m}$$

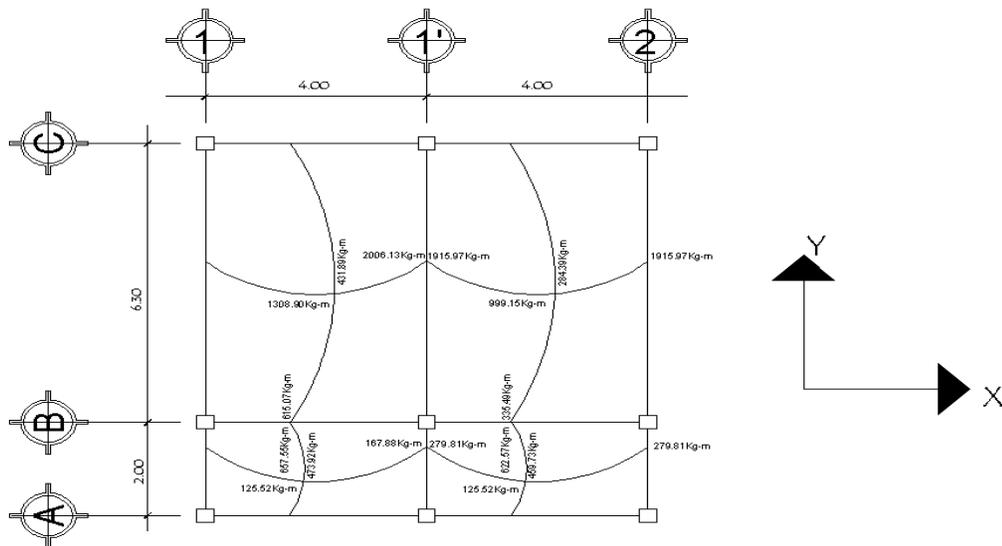
$$Mb^- = (0.011)(1408.80)(6.30)^2 = 615.07 \text{ kg-m}$$

$$Ma^+ = (0.067)(510.00)(4.00)^2 + (0.053)(898.80)(4.00)^2 = 1308.90 \text{ kg-m}$$

$$Mb^+ = (0.009)(510.00)(6.30)^2 + (0.007)(898.80)(6.30)^2 = 431.89 \text{ kg-m}$$

Según el procedimiento anterior, se calculan los momentos en todas las losas, el resultado se expresa en los datos de la figura 20.

Figura 20. Planta de momentos en losa típica – nivel 1



Balance de momentos

Cuando dos losas están unidas, y tienen momentos diferentes se deben balancear los momentos antes de diseñar el refuerzo.

Para este caso el método elegido es el siguiente:

Si $0.80 * Mayor < Menor$ $M_b = (Mayor + Menor)/2$

Si $0.80 * Mayor > Menor$ se balancean proporcionalmente a su rigidez.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c|c}
 D_1 & D_2 \\
 \hline
 M_1 & M_2 \\
 \hline
 (M_1 - M_2) D_1 & (M_2 - M_1) D_2 \\
 \hline
 M_B & M_B \\
 \hline
 \end{array} \\
 + \left[\begin{array}{c|c}
 \hline
 \hline
 \hline
 \hline
 \hline
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad K_1 = \frac{1}{L_1} \quad L = \text{longitud de la losa considerada}$$

$dM = M_1 - M_2$ 1 y 2 índices de mayor y menor, respectivamente

Balance de momentos entre losa 3 y 4

$0.8 (279.81) = 223.85 > 167.88$ kg-m por lo tanto balanceo por rigideces.

$$K_3 = 1 / 4.00 = 0.25$$

$$K_4 = 1 / 4.00 = 0.25$$

$$D_3 = 0.25 / (0.25 + 0.25)$$

$$D_2 = 0.25 / (0.25 + 0.25)$$

$$D_3 = 0.50$$

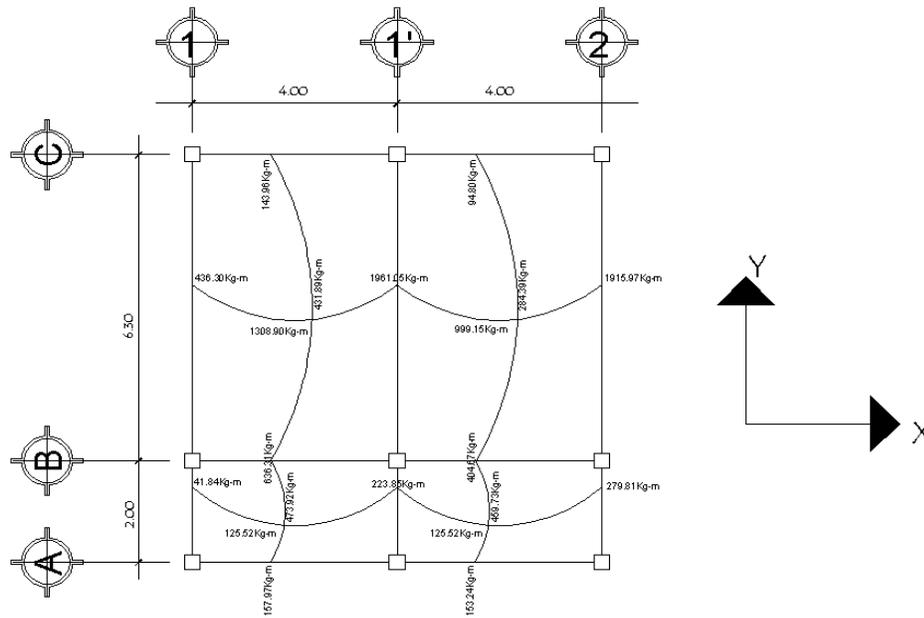
$$D_2 = 0.50$$

0.50	0.50
167.88	279.81
$(279.81 - 167.88) * 0.50$	$(279.81 - 167.88) * 0.50$
55.96	55.96
223.85	223.85

El resultado del balance de momentos en todos los puntos necesarios, se presentan en la figura 21.

Diseño del acero de refuerzo: el refuerzo en las losas se calcula como si fuera una viga, usando el ancho unitario de 1.00 m el procedimiento seguido es el siguiente:

Figura 21. Planta de momentos balanceados en losa típica – nivel 1



Cálculo del peralte

D = t- recubrimiento

$$D = 12.00 - 2.50 = 9.50 \text{ cm.}$$

Área de acero mínimo

$$A_s \text{ min} = \frac{14.1}{2810} bd = \frac{14.1}{2810} 100 * 9.5 = 4.77 \text{ cm}^2.$$

Cálculo de momento que soporta A_s min

$$M = 0.90 \left(A_s * f_y \left(d - \left(\frac{A_s * f_y}{1.7 * f'c * b} \right) \right) \right)$$

$$M = 0.90 \left(4.77 * 2810 \left(9.5 - \left(\frac{4.77 * 2810}{1.7 * 210 * 100} \right) \right) \right)$$

$$M = 1100.04 \text{ kg - m}$$

Cálculo del espaciamiento (S) entre varillas con As mín. $S = A_v / A_s$

$$S = (1.27 * 100) / 4.77 = 26.57 \text{ cm.}$$

Tomando en cuenta que $S_{\text{máx.}} = 3t$

$$S_{\text{máx}} = 3 * (0.12 * 100) = \mathbf{36 \text{ cm.}}$$

Por lo tanto, se coloca hierro No. 4 @ 26 cm.

Cálculo de área para momento máximo

$$A_s = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * f'c}} \right) \left(\frac{0.85 * f'c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left(100 * 9.5 - \sqrt{(100 * 9.5)^2 - \frac{1961.05 * 100}{0.003825 * 210}} \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right)$$

$$A_s = 8.80 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento para momento máximo

$$S = A_v * 100 / A_s$$

$$S = 1.27 * 100 / 8.80$$

$$S = 14.39 \text{ cm}$$

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

$$V_{\text{máx}} = \frac{C_{uu} * L}{2} = \frac{1748.80 * 4.00}{2} = 3497.60 \text{ Kg.}$$

L = lado corto, de los lados cortos de las losas se toma el mayor.

Cálculo de corte máximo resistente

$$V_r = 45 \sqrt{f'c} (t) = 45 \sqrt{(210)} * (12) = 7825.34 \text{ Kg}$$

Comparación Vr con Vmáx.

Si Vr > Vmáx el espesor es el adecuado, caso contrario aumentar t

Vr = 7825.34 kg Vmáx = 3497.60 kg

Como Vr > Vmáx el espesor es el adecuado.

Tabla XI: Áreas de acero requeridas en losa típica nivel 1, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

Momento (M)	Área de acero calculada (As)	No. De Varillas (Diámetro)	Espaciamiento (S)
1961.05 Kg-m	8.80 cm ²	4	14
1100.04 Kg-m	4.77 cm ²	4	26

Se diseña con el espaciamiento menor y tomando en cuenta el momento mayor en los sentidos X e Y, en los sentidos X se utilizará No 4. @ 0.14 m y en sentido Y acero No 4 @ 0.26 m.

2.2.3.1.2 Losas nivel 2

La losa del segundo nivel, tiene el mismo procedimiento que la losa del nivel 1, variando el cálculo de carga viva y carga muerta (ver figura 19).

$$m = \frac{a}{b}; \mathbf{a} = \text{lado menor, } \mathbf{b} = \text{lado mayor}$$

$$m_1 = m_2 = \frac{4.00}{6.30} \quad \mathbf{0.63} = > \mathbf{0.5}; \text{ trabaja en dos sentidos}$$

$$m_3 = m_4 = \frac{2.00}{4.00} \quad \mathbf{0.50} = > \mathbf{0.5}; \text{ trabaja en dos sentidos,}$$

El siguiente paso es el cálculo de cargas.

Carga muerta:	Acabados segundo nivel =	60.00 kg/m ²
	Peso de la losa (0.12m * 2400k/m ³) =	288.00 kg/m ²
	Total de cara muerta =	348.00 kg/m ²

Carga viva:	En techos =	100.00 kg/m ²
-------------	-------------	--------------------------

$$CU = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$CU1, 2, = 1.4(348.00) + 1.7(100.00) = 487.40 + 170.00 = 657.20 \text{ kg/m}^2$$

$$CU3, 4, = 1.4(348.00) + 1.7(100.00) = 487.40 + 170.00 = 657.20 \text{ kg/m}^2$$

Para el cálculo de momentos se utilizaran 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

$$Ma^- = (0.089)(657.20)(4.00)^2 = 935.85 \text{ kg/m}$$

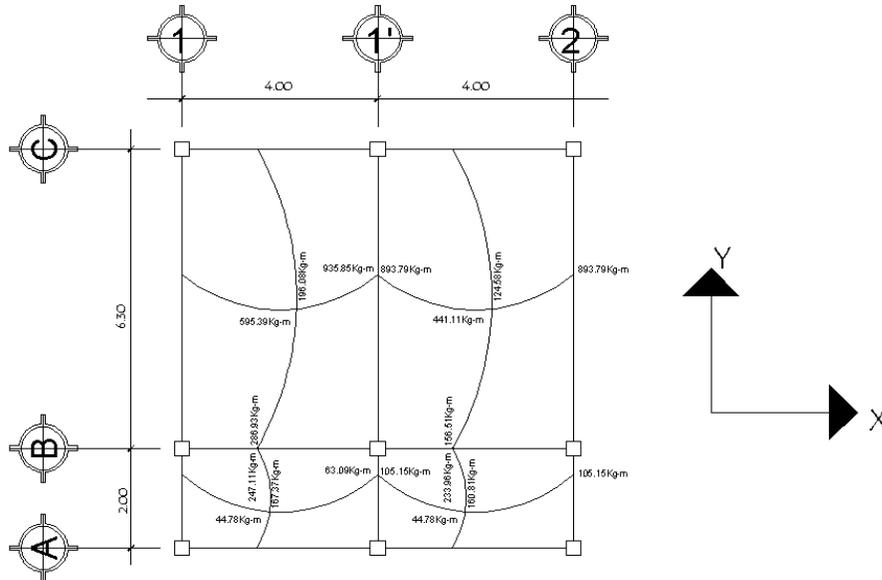
$$Mb^- = (0.011)(657.20)(6.30)^2 = 286.93 \text{ kg/m}$$

$$Ma^+ = (0.067)(170.00)(4.00)^2 + (0.053)(487.20)(4.00)^2 = 595.39 \text{ kg/m}$$

$$Mb^+ = (0.009)(170.00)(6.30)^2 + (0.007)(487.20)(6.30)^2 = 196.08 \text{ kg/m}$$

Según el procedimiento anterior, se calculan los momentos en todas las losas, el resultado se expresa en los datos de la figura 22.

Figura 22. Planta de momentos actuantes en la losa típica – nivel 2



Balance de momentos

Para este caso el método elegido es el siguiente:

Si $0.80 \cdot \text{Mayor} < \text{Menor}$ $M_b = (\text{Mayor} + \text{Menor})/2$

Si $0.80 \cdot \text{Mayor} > \text{Menor}$ se balancean proporcionalmente a su rigidez.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{|c|c|}
 \hline
 D_1 & D_2 \\
 \hline
 M_1 & M_2 \\
 \hline
 (M_1 - M_2) D_1 & (M_2 - M_1) D_2 \\
 \hline
 M_B & M_B \\
 \hline
 \end{array} \\
 +
 \end{array}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad K_1 = \frac{1}{L_1} \quad L = \text{longitud de la losa considerada}$$

$dM = M_1 - M_2$ 1 y 2 índices de mayor y menor, respectivamente

Balance de momentos entre losa 3 y 4

$0.8 (105.15) = 84.12 > 63.09 \text{ kg-m}$, por lo tanto balanceo por rigideces.

$$K1 = 1 / 4.00 = 0.25$$

$$K2 = 1 / 4.00 = 0.25$$

$$D1 = 0.25 / (0.25 + 0.25)$$

$$D2 = 0.25 / (0.25 + 0.25)$$

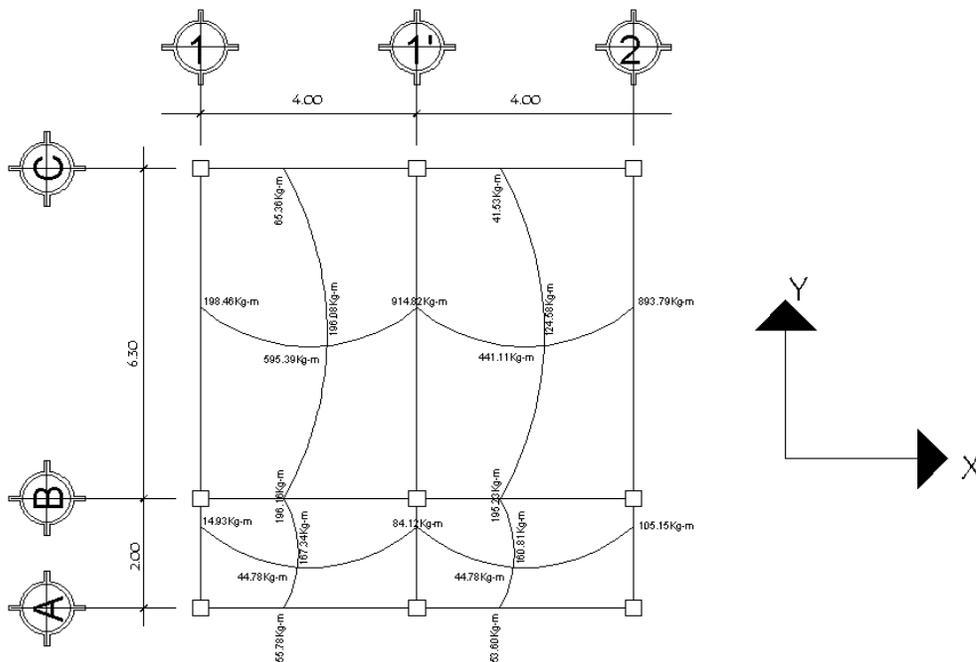
$$D1 = 0.50$$

$$D2 = 0.50$$

0.50	0.50
63.09	105.15
$(105.15 - 63.09) * 0.50$	$(105.15 - 69.09) * 0.50$
21.03	21.03
84.12	84.12

A continuación la figura 23 muestra los momentos balanceados en todos los sentidos de la losa del nivel 2.

Figura 23. Planta de momentos balanceados en losa típica – nivel 2



Cálculo del peralte

D = t- recubrimiento

$$D = 12.00 - 2.50 = 9.50 \text{ cm.}$$

Área de acero mínimo

$$A_s \text{ min} = \frac{14.1}{2810} b d = \frac{14.1}{2810} 100 * 9.5 = 4.77 \text{ cm}^2.$$

Cálculo de momento que soporta A_s min

$$M = 0.90 \left(A_s * f_y \left(d - \left(\frac{A_s * f_y}{1.7 * f'c * b} \right) \right) \right)$$

$$M = 0.90 \left(4.77 * 2810 \left(9.5 - \left(\frac{4.77 * 2810}{1.7 * 210 * 100} \right) \right) \right)$$

$$M = 1100.04 \text{ kg} - m$$

Cálculo del espaciamiento (S) entre varillas con A_s mín. $S = A_v / A_s$

$$S = (1.27 * 100) / 4.77 = 26.57 \text{ cm.}$$

Tomando en cuenta que $S_{\text{máx.}} = 3t$

$$S_{\text{máx.}} = 3 * (0.12 * 100) = 36 \text{ cm.}$$

Por lo tanto, se coloca hierro No. 4 @ 26 cm.

Cálculo de área para momento máximo

$$A_s = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * f'c}} \right) \left(\frac{0.85 * f'c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left(100 * 9.5 - \sqrt{(100 * 9.5)^2 - \frac{914.82 * 100}{0.003825 * 210}} \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right)$$

$$A_s = 3.94 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento para momento máximo

$$S = A_v * 100 / A_s$$

$$S = 1.27 * 100 / 3.94$$

$$S = 32.18 \text{ cm}$$

Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{\text{máx}} = \frac{C_{uu} * L}{2} = \frac{657.20 * 4.00}{2} = 1314.40 \text{ Kg.}$$

L = lado corto, de los lados cortos de las losas se toma el mayor.

Cálculo de corte máximo resistente

$$V_r = 45\sqrt{(f'c)}(t) = 45\sqrt{(210)} * (12) = 7825.34 \text{ Kg}$$

Comparación V_r con $V_{\text{máx}}$.

Si $V_r > V_{\text{máx}}$ el espesor es el adecuado, caso contrario aumentar t

$$V_r = 7825.34 > V_{\text{máx}} = 1314.40$$

Como $V_r > V_{\text{máx}}$ el espesor es el adecuado.

Tabla XII: Áreas de acero requeridas en losa típica nivel 2, edificio escolar
Escuela aldea Chirijox.

Momento (M)	Área de acero calculada (As)	No. De Varillas (Diámetro)	Espaciamiento (S)
914.82 Kg-m	3.94 cm ²	4	32
1100.04 Kg-m	4.77 cm ²	4	26

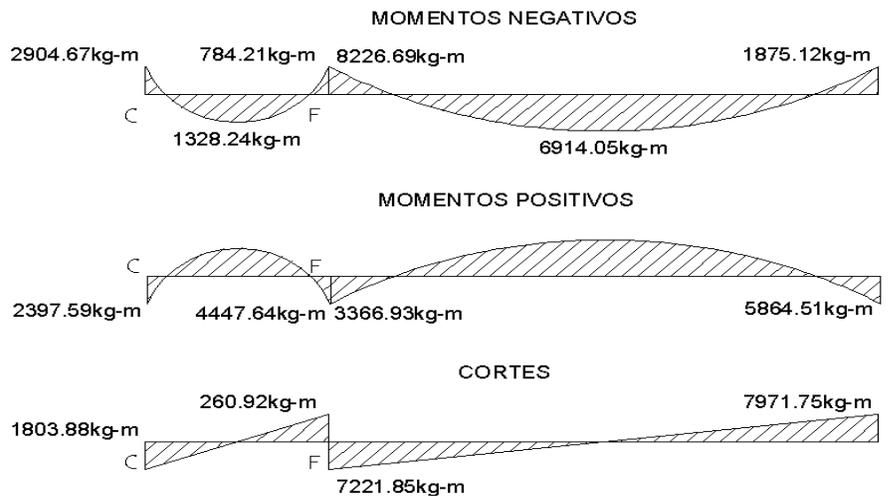
Se diseña con el espaciamiento menor y tomando en cuenta el momento mayor en los sentidos X e Y, en los sentidos X se utilizara No 4. @ 0.32 m y en sentido Y acero No 4 @ 0.26 m.

2.2.3.2 Diseño de vigas

La viga es un elemento estructural horizontal, que está sometido a esfuerzos de compresión y corte. Los datos necesarios para su diseño son los momentos últimos y cortes últimos actuantes.

El procedimiento seguido para diseñar las vigas, se describen a continuación, aplicando a la viga tipo 1(FI). Los datos se muestran en la figura 24, esta viga se ubica en el marco típico sentido Y, nivel 2. Los datos son tomados del análisis estructural.

Figura 24. Diagrama de momentos y cortes últimos de la viga tipo 1(FI).



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 viga segundo nivel: 0.20 m * 0.35 m peralte efectivo 0.325 m.

$$\text{Fórmulas: } A_s \text{ min} = \frac{14.1}{f_y} b * d$$

$$A_s \text{ max} = 0.50 * 0.036946 * b * d$$

$$A_s \text{ min} = \frac{14.1}{2,810} 35 * 32.50 = 3.26 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ max} = \rho_{\text{máx}} b d$$

$$A_s \text{ max} = 0.5 * \left[\frac{\beta_1 * 0.003 * E_s * 0.85 * f'c}{f_y * (f_y + 0.003 * E_s)} \right] * b * d$$

$$A_s \text{ max} = \left[0.50 * \frac{0.85 * 0.003 * 2.039E6 * 0.85 * 210}{2810 * (2810 + 0.003 * 2.039E6)} \right] * 20 * 32.50 = 12.01 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal: de los momentos negativos se toma el mayor de los positivos y negativos y se procede a calcular las áreas de acero, pero hay que tomar en cuenta los momentos positivos que son los que actúan cuando hay un temblor y de estos también se toma el mas críticos, teniendo la fórmula siguiente para encontrar el área de acero:

$$A_s = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * f'c}} \right) \left(\frac{0.85 * f'c}{f_y} \right)$$

Los resultados obtenidos para cada momento se observan en la tabla XIII.

Tabla XIII: Cálculo del área de acero para viga tipo 1(FI), edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

Momento (M)	Área de acero calculada (As)	No. De Varillas (Diámetro)
8226.69 Kg-m	11.65 cm ²	2 No. 7 + 2 No. 6
6914.05 Kg-m	9.51 cm ²	2 No. 7 + 1 No. 5
5864.51 Kg-m	7.89 cm ²	2 No. 7 + 1 No. 2

Luego de calcular el A_s , se propone el armado de tal forma que el área de esta cubra lo solicitado en los cálculos de A_s ; esto se hace tomando en cuenta los siguientes requisitos sísmicos.

Cama superior al centro: se debe colocar, como mínimo, dos varillas o más de acero corridas tomando el mayor de los siguientes valores: $A_{s\text{mín}}$ o el 33% calculado para momento negativo.

Cama inferior o en apoyos: se debe colocar como mínimo, dos varillas o más de acero corridas, tomando el mayor de los valores: $A_{s\text{mín}}$, 50% del A_s del momento positivo ó el 50% A_s del momento negativo.

El área del acero faltante en la cama superior o inferior, se coloca como bastón, se coloca por medio de la siguiente fórmula.

$$A_s \text{ bastón} = A_s \text{ requerido} - A_{s,\text{mín}} \text{ corrido}$$

Acero transversal (estribos): el objeto de colocar acero transversal es por armado, para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada, y para contrarrestar los esfuerzos de corte; esto último en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función: El procedimiento a seguir es el siguiente.

Cálculo de corte resistente:

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{210} * 20 * 32.50$$

$$V_r = 4243.44 \text{ kg}$$

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.

$$V_s = V_u \qquad \gamma_s = \frac{V_s}{bd}$$

$$S = \frac{2A_v * F_y}{\gamma_s * b} \qquad S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2} \text{ usarmínimoaceroNo.3}$$

En este caso $V_u = 7971.75$ kg es mayor a $V_r = 4243.44$ kg entonces la sección de concreto de la viga no es suficiente para cumplir con la función de contrarrestar los esfuerzos de corte por lo cual se procede a diseñar los estribos por corte.

$$\gamma_s = \frac{7971.75}{20 * 32.5} = 12.26$$

$$S = \frac{2 * 0.71 * 2810}{12.56 * 20} = 16.33 \text{ cm}$$

Se colocarán estribos No. 3 @ 0.16 m en zona no confinada.

La zona de confinamiento para este caso, será igual a $2d = 2 * 0.325 = 0.65$ m, en esta zona se colocarán estribos No. 3 @ 0.06 m, el primer estribo se colocará a una distancia de 0.05 m del rostro de la columna.

Viga tipo 2: para el diseño de las vigas tipo 2, se sigue el procedimiento descrito anteriormente para la viga tipo 1, los resultados se observan en la Tabla XIV. Para las vigas en el sentido Y (tipo1 y 2), se calcula que el área de acero se encuentre entre los límites de mínimo y máximo por lo que su

predimensionamiento esta bien, chequeado respectivamente que el refuerzo este dentro de los parámetros correspondientes.

Tabla XIV. Cálculo de vigas, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

Viga X – X	Refuerzo Longitudinal			Refuerzo Transversal	
	Momento	As	Refuerzo	Cortes	Refuerzo
2° NIVEL Sección 0.20 * 0.35	3284.60	4.21	2 No. 6	Vu = 3280.29kg Vr = 4243.44 kg	No. 3 @ 0.15 m. Primero a 0.05 m de rostro de columna.
	1808.93	2.26	2 No. 6		
	3284.32	4.21	SOPORTADO		
1° NIVEL Sección 0.25 * 0.40	8007.52	9.15	2 No. 7 + 1 No. 5	Vu = 6013.93 kg Vr = 6120.34 kg	No. 3 @ 0.18 m. Primero a 0.05 m de rostro de columna.
	1546.22	1.65	2 No. 7		
	8007.50	9.15	1 No. 5		
Viga Y-Y	Momento	As	Refuerzo	Cortes	Refuerzo
2° NIVEL Sección 0.20 * 0.35	8226.69	11.65	2 No. 7 + 2 No. 6	Vu = 7971.75 kg Vr = 4243.44 kg	Extremos: 11 No. 3 @ 0.06 m, resto No.3 @ 0.16m.
	6914.05	9.51	2 No. 7 + 1 No. 5		
	5864.51	7.89	2 No. 7 + 1 No. 2		
	2904.67	3.70	2 No. 7	Vu = 1803.88 kg Vr = 4243.44 kg	No. 3 @ 0.16 m. Primero a 0.05 m de rostro de columna.
	1328.24	1.65	2 No. 7		
	4447.64	5.82	SOPORTADO		
1° NIVEL Sección 0.25 * 0.45	13981.32	17.24	3 No. 8 + 1 No. 7	Vu=13346.00 kg Vr = 6120.34 kg	Extremos: 11 No. 3 @ 0.07 m, resto No.3 @ 0.11m.
	13267.71	16.19	2 No. 8 + 2 No. 7		
	11077.80	13.13	1 No. 7		
	7810.47	8.90	2 No. 8	Vu =3465.34 kg Vr = 6120.34 kg	No. 3 @ 0.18 m. Primero a 0.05 m de rostro de columna.
	4877.46	5.39	2 No. 8		
	10638.75	12.54	2 No. 7		

2.2.3.3 Diseño de columnas

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

Para diseñar la columna, la carga axial es el valor de todas 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.

En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del edificio escolar, y se aplican en la columna del nivel dos. Tomando en consideración que en el predimensionamiento de la columna se tomo anteriormente una sección de 0.30 m x 0.30 m. la cual al realizar el diseño de la columna del primer nivel si cumple los requisitos de diseño.

Columna típica nivel 2

Sección de columna = 0.30 * 0.30 m

Longitud de la columna = 3.00 m

Sección de la viga = 0.20 * 0.35 m

Longitud de la viga 1 = 8.15 m

Espesor de la losa = 0.12 m

Mx = 2886.38 kg-m

Área tributaria = 16.60 m²

My = 7293.05 kg-m

Vx = 1842.88 kg

Vy = 4844.56 kg

Determinación de carga axial:

$$CU = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$CU = (1.4 * 438.00) + (1.7 * 100)$$

$$CU = 783.20 \text{ kg/m}^2.$$

Factor de carga última:

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

$$F_{cu} = \frac{783.20}{538.00}$$

$$F_{cu} = 1.46$$

Cálculo de la carga axial:

$$P_u = (A_{losa} * C_U) + (P_{viga} * F_{cu})$$

$$P_u = (16.60 * 783.20) + (0.20 * 0.35 * 2,400 * 8.15) * 1.46$$

$$P_u = 14994.35 \text{ kg.}$$

Clasificar 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, si son largas no se construyen.

La esbeltez de las columnas en el sentido X, cálculo de coeficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (φ).

Extremo superior:

$$\varphi_A = \frac{\sum E_M I}{\frac{2}{\sum E_M I}}$$

E_m = Como todo el marco es de mismo material = 1

I = La inercia se toma del análisis estructural.

$$\varphi_{B-C} = \frac{0.33}{0.26 + 0.49} = 0.44$$

Extremo superior

$$\varphi_{A-B} = \frac{0.25 + 0.33}{0.26 + 0.49} = 0.77$$

Promedio:
$$\varphi_P = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} = \frac{0.44 + 0.77}{2} = 0.60$$

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:

$$K = \frac{20 - \varphi_P}{20} \sqrt{1 + \varphi_P}$$

$$K = \frac{20 - 0.60}{20} \sqrt{1 + 0.60}$$

$$K = 1.23$$

Cálculo de la esbeltez de la columna:

$$E = \frac{KL_U}{\sigma}, \quad \text{donde } \sigma = 0.30 \text{ (lado menor para columnas rectangulares)}$$

$$E = \frac{1.23 * 3.00}{0.30 * 0.30} = 40.94 > 22$$

El cálculo de la esbeltez de esta columna, en el sentido Y, se resume a continuación:

$$\varphi_{B-C} = 0.17$$

$$\varphi_{A-B} = 0.29$$

$$\varphi_P = 0.23$$

$$K = 1.10$$

$$E = 36.53 > 22$$

Por los valores obtenidos de E, tanto en el sentido X como en el sentido Y, 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 pueden diseñar las columnas utilizando directamente los momentos calculados.

Por otro lado, si se hace un análisis estructural convencional de primer orden, como en este caso, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos laterales de los miembros, es necesario modificar los valores calculados con el objeto 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 descritos a continuación.

Sentido X

Cálculo del factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta d = \frac{CMu}{CU}$$

$$\beta d = \frac{438.00}{783.20}$$

$$\beta d = 0.56$$

Cálculo del total del material:

$$E_c = 15,100\sqrt{f'c}$$

$$I_g = \frac{1}{12} * bh^3$$

$$EI = \frac{E_c * I_g}{1 + \beta d}$$

$$EI = \frac{15,100\sqrt{210} * 30^4}{12 * 2.50 * (1 + 0.56)}$$

$$EI = 378.91 \text{ ton} - m^2$$

Cálculo de la carga crítica del pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(JLu)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 378.91}{(1.23 * 3.00)^2}$$

$$P_{cr} = 275.91 \text{ Ton.}$$

Cálculo del magnificador de momentos:

$$\delta > 1 \quad \text{y} \quad \phi = 0.70 \text{ si se usan estribos}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{Pu}{\phi P_{cr}}}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{14.99}{0.70 * 275.91}}$$

$$\delta = 1.08$$

Cálculo de momentos de diseño:

$$Mdx = \delta * Mu$$

$$Mdx = 1.08 * 2886.38$$

$$Mdx = 3129.82Kg - m$$

Sentido Y

$$\beta d = 0.56$$

$$EI = 378.91Ton - m^2$$

$$Pcr = 345.89Ton$$

$$\delta = 1.07$$

$$Mdy = 7774.51Kg - m$$

Cálculo del acero longitudinal por el método de BRESLER

Este método consiste en una aproximación del perfil de la superficie de la falla, además es uno de los métodos más utilizados, porque su procedimiento es tan sencillo y produce resultados satisfactorios.

La idea fundamental del método de Bresler es aproximar el valor $1/P'u$. Este valor se aproxima por un punto del plano determinado por los tres valores: carga axial pura ($P'o$), la carga de falla para una excentricidad ex ($P'xo$) y la carga de falla para una excentricidad ey ($P'oy$).

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Cálculo de límites de acero: según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1\% Ag < As^3 < 6\% Ag$.

$$Asmín = 0.01 (30 * 30) = 9.00 \text{ cm}^2. \quad Asmax = 0.06 (30 * 30) = 54.00 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado con un valor mínimo a los límites permitidos de As y si no cumple se aumenta el área de acero..

$$\text{Armado propuesto } 4 \text{ No. } 8 = 4(5.07) = 20.27 \text{ cm}^2.$$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas (ver anexo). Los valores a utilizar en los diagramas son:

Valor de la gráfica:

$$Y - X = d/h = (30 - 2(3)) / 30 = 0.8$$

Valores de la curva:

$$P_{tu} = \frac{A_s f_y}{0.85 F'_c A_g} = \frac{20.27 * 2,810}{0.85 * 210 * 900} = 0.35$$

Excentricidades:

$$E_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{3129.82}{14994.35} = 0.21$$

$$E_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{7774.51}{14994.35} = 0.52$$

Al conocer las excentricidades se calcula el valor de las diagonales.

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0.21}{0.30} = 0.70$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0.52}{0.30} = 1.73$$

Con los valores obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan los valores de los coeficientes²⁹ K_x y K_y , entonces son: $K'_x = 0.34$ y $K'_y = 0.12$.

Cálculo de cargas

Carga de resistencia de las columnas a una excentricidad e_x :

$$P'_{ux} = K_x * f'_c * b * h$$

$$P'_{ux} = (0.34)(210)(30*30)$$

$$P'_{ux} = 64260.00 \text{ kg.}$$

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ey:

$$P'_{uy} = K_y * f'_c * b * h$$

$$P'_{uy} = (0.12)(210)(30*30)$$

$$P'_{uy} = 22680.00 \text{ kg}$$

Carga axial de resistencia de la columna:

$$P'_o = \phi(0.85 * f'_c(A_g - A_s) + A_s * F_y)$$

$$P'_o = 0.70 * (0.85 * 210(900 - 20.27) + 20.27 * 2,810)$$

$$P'_o = 149791.29 \text{ kg}$$

Carga de la resistencia de la columna:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{64260.00} + \frac{1}{22680.00} - \frac{1}{149791.29}}$$

$$P'_u = 18875.93 \text{ kg}$$

Como P'_u (18.88 ton) > P_u (14.99ton) 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.

Cálculo del acero transversal (estribos): el objetivo del refuerzo transversal es para resistir los esfuerzos de corte. Por requisito sísmicos las columnas deben confinarse para aumentar la capacidad de carga axial, de corte y ductilidad, debe ser en forma de anillos (estribos) o de refuerzo en espiral continua (zunchos).

Se usa el siguiente procedimiento para calcular el refuerzo transversal:

Se calcula el corte resistente.

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 27$$

$$V_r = 5287.98 \text{ kg}$$

Comparar V_r con V_u con los siguientes criterios:

Si $V_r \geq V_u$ se colocan estribos a $S = d / 2$.

Si $V_r < V_u$ se diseñan los estribos a corte.

Para ambas opciones la varilla mínima permitida es la No. 3 en este caso $V_r >$

V_u , entonces los estribos se colocan en la menor separación de las siguientes:

$$\text{So } \left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ diám. Varilla principal} = 6 * 2.54 = 15.24 \\ 0.15 \text{ m} = 15 \text{ cm} \\ d / 2 = 27 / 2 = 13.5 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Se colocan estribos a $S = d / 2 = 27 / 2 = 13.5 \text{ cm}$.

Se usará por criterio de armado $S = 0.13 \text{ m}$.

Refuerzo por confinamiento:

La longitud se escoge entre la mayor de las siguientes opciones.

$$\text{Lo } \left\{ \begin{array}{l} L_u / 6 = 3.00 / 6 = 0.50 \text{ m} \\ \text{Lado mayor de la columna} = 0.30 \text{ m} \\ 0.45 \text{ m} \end{array} \right.$$

Por lo tanto la longitud de confinamiento es de 0.50 m.

El espaciamiento de estribos S_1 en zonas confinadas debe encontrarse entre 3 cms. $< S_1 < 10 \text{ cms}$.

Relación volumétrica:

$$\rho_s = 0.45 \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right) * \left(0.85 * \frac{f'_c}{F_y} \right)$$

$$\rho_s = 0.45 \left(\left(\frac{900}{576} \right) - 1 \right) * \left(0.85 * \frac{210}{2810} \right)$$

$$\rho_s = 0.016$$

$$\rho_s > 0.12 \left(\frac{f'_c}{F_y} \right)$$

$$\rho_s > 0.12 \left(\frac{210}{2810} \right)$$

$$0.016 > 0.009$$

Y por último el espaciamiento entre estribos en la zona confinada es:

$$S_1 = \frac{2A_v}{\rho_s}$$

$$S_1 = \frac{2 * 0.71}{0.016 * 24}$$

$$S_1 = 3.68 \text{ cm} = 3 \text{ cm}$$

Los resultados del diseño de la columna típica, ubicada en el nivel 1, se encuentran en la tabla XV.

El procedimiento que se debe 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 XV. Cálculo de columnas, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.

Columna	Refuerzo longitudinal		Refuerzo transversal		
	Cargas	Refuerzo	Cortes	Confinar	Refuerzo
NIVEL I	Mx = 5951.81 My = 7812.28 Pu = 40.23 ton Mdx = 8671.14 Mdy = 10642.33 P'u = 61.18 ton	4 No. 8 + 4 No. 6	Vux = 3122.22 kg	Lo = 0.70 m	Estribos No. 3 @ 0.03 m, Hasta 0.70 m
SECCION 0.30 X 0.30			Vuy = 3849.84 kg		
Lu = 4.00			Vr = 5287.98 kg	S1 = 0.03 m	En extremos resto @ 0.13
NIVEL 2	Mx = 2886.38 My = 7293.05 Pu = 14.99 Ton Mdx = 3129.82 Mdy = 7774.51 P'u = 18.88 ton	4 No. 8	Vux = 1842.88 kg	Lo = 0.50 m	Estribos No. 3 @ 0.03 m, Hasta 0.50 m
SECCION 0.30 X 0.30			Vuy = 4844.56 kg		
Lu = 3.00			Vr = 5287.98 kg	S1 = 0.03 m	En extremos resto @ 0.13

2.2.3.4 Diseño de cimientos

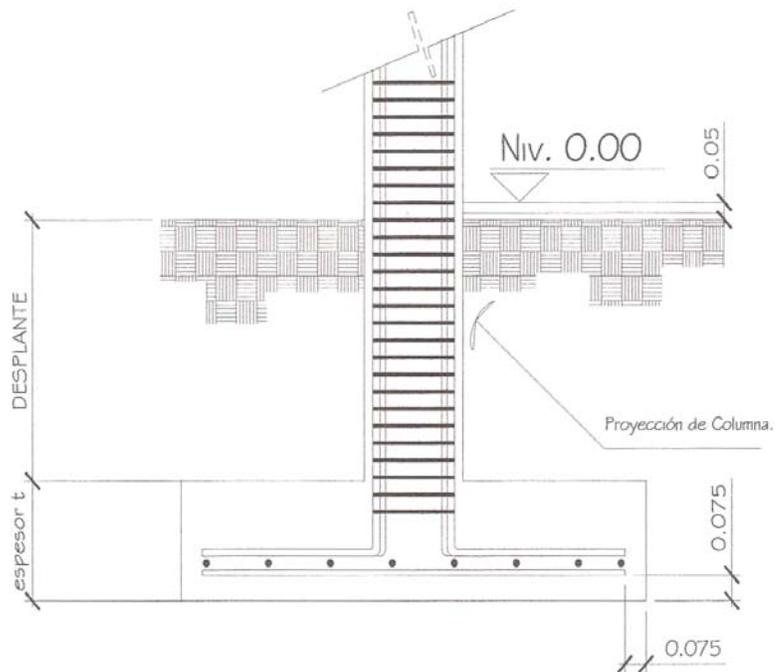
Los cimientos son elementos estructurales destinados a recibir las cargas propias y las aplicaciones exteriores a la misma; estos a su vez transmiten la acción de las cargas sobre el suelo. Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se deben considerar, principalmente, el tipo de estructura, la naturaleza de las cargas que se aplicarán, las condiciones del suelo y el costo de la misma.

Diseño de zapatas

Los datos necesarios para el diseño de las zapatas se toman del análisis estructural y del estudio de suelo realizados en el lugar (ver apéndice), con los que se logró determinar que el tipo de terreno es una arena pómez color beige, para lo cual se tomó un dato el valor soporte de 40 ton/m².

En la figura 25, 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 25. Desplante de zapata del edificio escolar Escuela aldea Chirijox.



Los datos que deben utilizarse para el diseño de la zapata 1 son los que a continuación se presentan:

$$M_x = 6.54 \text{ ton-m}$$

$$P_u = \text{Carga última} = 40.66 \text{ ton/m}^3$$

$$V_s = \text{Valor soporte del suelo} = 40.00 \text{ ton/m}^2$$

$$P_{\text{suelo}} = 1.56 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Sección de la columna} = 0.30 * 0.30 \text{ m.}$$

$$\text{Desplante} = 1.00 \text{ m}$$

$$M_y = 7.59 \text{ ton-m}$$

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

$$F_{cu} = 1.48$$

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

$$P_{\text{concreto}} = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Luz de columna} = 4.00 \text{ m}$$

Datos de zapata: la losa de la zapata debe dimensionarse para soportar las cargas aplicadas y las reacciones inducidas. Ahora se calcula el área de dicha losa; los cálculos a efectuar son los siguientes.

Cálculo de las cargas de trabajo.

$$P't = \frac{P_u}{F_{cu}}$$

$$P't = \frac{40.66}{1.48}$$

$$P't = 27.47 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{6.54}{1.48} = 4.42 \text{ ton-m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{7.59}{1.48} = 5.13 \text{ ton-m}$$

Pre-dimensionamiento del área de la zapata

$$A_z = \frac{1.5P't}{V_s}$$

$$A_z = \frac{1.5 * 27.47}{40}$$

$$A_z = 1.03 \text{ m}^2 \quad \text{Se propone usar dimensiones aproximadas.}$$

$$A_z = 1.70 * 1.70 = 2.89 \text{ m}^2$$

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.

$$q = \frac{P}{Az} \pm \frac{Mtx}{Sx} \pm \frac{Mty}{Sy}$$

donde:

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

Además se debe tomar en cuenta que q no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte (V_s) para la zapata se tiene:

$$Sx = \frac{1.70 * 1.70^2}{6} = 0.82m^3$$

$$Sy = \frac{1.70 * 1.70^2}{6} = 0.82m^3$$

$$P = P't + P_{columna} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

$$P = 27.47 + (0.30 * 0.30 * 4.00 * 2.40) + (2.89 * 1.00 * 1.56) + (2.89 * 0.3 * 2.40)$$

$$P = 34.93 \text{ ton.}$$

$$q = \frac{34.93}{2.89} \pm \frac{4.42}{0.82} \pm \frac{5.13}{0.82}$$

$q_{\text{máx}} = 23.74 \text{ ton/m}^2$ cumple, no excede el V_s .

$q_{\text{mín}} = 0.43 \text{ ton/m}^2$ cumple, sólo 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:

$$q_{disu} = q_{m\acute{a}x} * F_{cu}$$

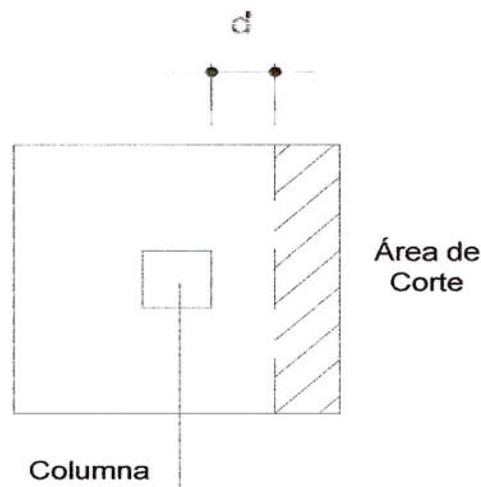
$$q_{disu} = 23.74 * 1.48$$

$$q_{disu} = 35.14 \text{ ton} / \text{m}^2$$

Espesor de zapata: dimensionada el \u00e1rea, se procede a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor que 0.075m, y que el peralte efectivo debe ser mayor que 0.15 m.; m\u00e1s el recubrimiento y el di\u00e1metro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal que resista 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 26), por tal raz\u00f3n se debe comparar en ese l\u00edmite si el corte resistente es mayor que el actuante, esto se hace de forma indicada a continuaci\u00f3n.

Figura 26. Corte simple.



$$d = t - \text{recubrimiento} - (\text{\textcircled{O}} / 2)$$

$$d = 40 - 7.5 - (1.27 / 2) = 31.87 \text{ cm.}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = \text{área de corte} * \text{área zapata} * q_{disu}$$

$$V_{act} = 0.33 * 1.70 * 35.14$$

$$V_{act} = 19.79 \text{ ton.}$$

Corte simple resistente:

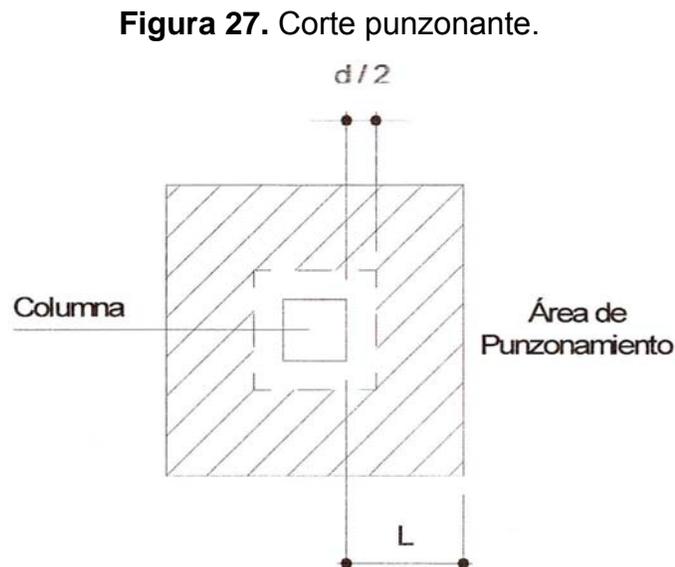
$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 170 * 31.87$$

$$V_r = 35.36 \text{ ton.}$$

$V_{act}(19.79\text{ton}) < V_r(35.36 \text{ ton})$ si cumple.

Chequeo por corte punzonante: la columna tiende a punzonar la zapata, debido a los refuerzos 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 27). El chequeo que se realiza es el siguiente:



$$q_{dis} = \text{perímetro interior} = 30 + d$$

$$q_{dis} = 30 + 31.87$$

$$q_{dis} = 71.87 \text{ cm}$$

$$b_o = 4 * 71.87 \text{ cm}$$

$$b_o = 287.46 \text{ cm}$$

Corte punzonante actuante:

$$V_{act} = A_{punzonamiento} * q_{dis}$$

$$V_{act} = [(1.70 * 1.70) - (71.87 * 2)] * 35.14$$

$$V_{act} = 51.04 \text{ ton} .$$

Corte punzonante resistente:

$$V_r = 0.85 * 1.06 * \sqrt{f'c} * b_o * d$$

$$V_r = 0.85 * 1.06 * \sqrt{210} * 287.46 * (31.87 / 100)$$

$$V_r = 119.60 \text{ ton}.$$

V_{act} (51.04 ton) < V_r (119.60 ton), si chequea.

Diseño del refuerzo por flexión: el empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata, por lo razón, es necesario reforzar con acero para soportar los esfuerzos inducidos. Esto se hace de la manera siguiente:

Momento último: éste se define como una losa en voladizo, con la fórmula.

$$M_u = \frac{q_{disu} * L^2}{2}$$

donde: L es la distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata.

$$Mu = \frac{35.14 * (0.70)^2}{2}$$

$$Mu = 8.61 \text{ ton} - m$$

Área de acero requerida: el área de acero se define por la fórmula

$$As = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * f'c}} \right) \left(\frac{0.85 * f'c}{fy} \right)$$

$$As = \left(100 * 31.84 - \sqrt{(100 * 31.84)^2 - \frac{8608.12 * 100}{0.003825 * 210}} \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right)$$

$$As = 10.98 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínimo:

$$As_{\text{mín}} = \frac{14.1 * b * d}{fy}$$

$$As_{\text{mín}} = \frac{14.1 * 100 * 31.87}{2,810}$$

$$As_{\text{mín}} = 15.99 \text{ cm}^2$$

Debido a que el $As_{\text{mín}}$ es mayor que el As_{req} , se colocará el $As_{\text{mín}} = 15.99 \text{ cm}^2$ en ambos sentidos.

El espaciamiento entre varilla de refuerzo está definido por: $S = Av / As$; donde $S < 0.45 \text{ m}$. Si se usa varilla No. 6 se tiene $S = 2.85 / 15.99 = 0.18 \text{ m}$, por lo tanto, las zapatas tipo 1 quedarán armadas con varillas No. 6 @ 0.18 m. en ambos sentidos.

2.2.3.5. Diseño de gradas

Una escalera debe ser cómoda y segura dependiendo de la relación de los peldaños es decir, la relación de huella y contrahuella.

$$\begin{array}{ll} c < 20 \text{ cm} & H > c & \text{donde:} \\ 2c + H < 64 \text{ cm (valor cercano)} & & c = \text{contrahuella} \\ c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm;} & & H = \text{huella} \\ c \times H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2 & & \end{array}$$

Cargas de diseño para una escalera.

$$CM = PP(\text{escalera}) + PP(\text{acabados}) \quad PP_{\text{escalera}} = Wc * \left(t \frac{c}{2} \right)$$

Número de escalones mínimo.

$$\text{No. de escalones mínimo} = \frac{h}{c_{\max}} = \frac{3}{0.20} = 15 \text{ escalones}$$

Criterios:

$$\text{No. de escalones mínimo} = \frac{h}{c1} = \frac{3}{0.16} = 19 \text{ escalones}$$

$$\text{No. de escalones mínimo} = \frac{h}{c2} = \frac{3}{0.18} = 17 \text{ escalones}$$

Número de huellas = No. de contrahuellas – 1.

Número de huellas = 19 – 1 = 18 huellas.

Chequeo:

$$c = 16 \text{ cm} < 20 \text{ cm.}$$

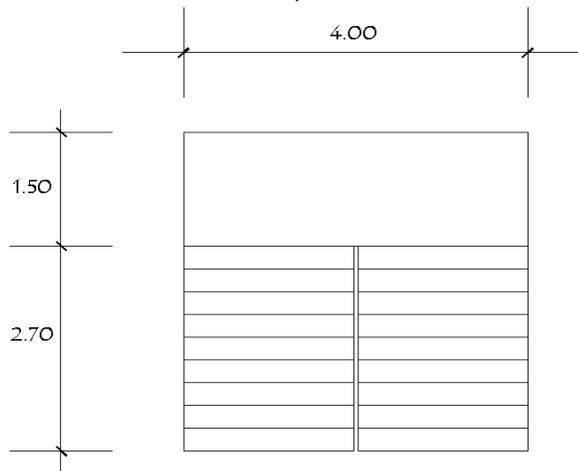
$$H = 30 \text{ cm} > 16 \text{ cm.}$$

$$c * H = 16 * 30 = 480$$

$$2c + H = 2(16)+30 = 62 < 64 \text{ cm.}$$

$$c + H = 16+30 = 46 \text{ cm.}$$

Figura 28. Dimensiones de la escalera, edificio escolar Escuela aldea Chirijox.



Integración de cargas:

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2400(0.15+0.16/2) = 552.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = \underline{100.00 \text{ kg/m}^2}$$

$$\text{Total} = 652.00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 500.00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$C_u = 1.4 (652.00) + 1.7 (500) = 1762.80 \text{ kg/m}^2$$

Considerando una franja unitaria de 1 m = **1762.80 kg/m²**.

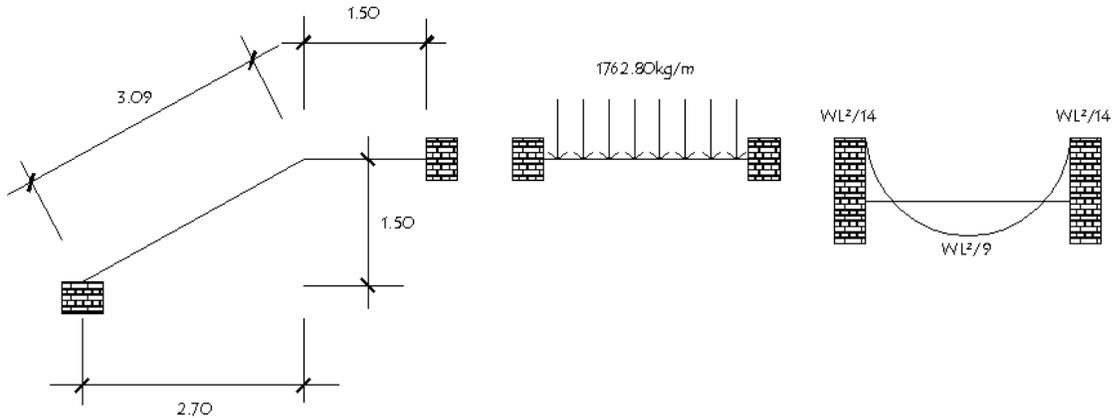
$$d = \sqrt{(1.50)^2 + (2.70)^2} = 3.09m$$

$$M_{(+)} = \frac{1762.80 * 4.59^2}{9} = 4126.54kg - m, \quad M_{(-)} = \frac{1762.80 * 4.59^2}{12} = 3094.90kg - m$$

$$A_s \text{ min} = \frac{14.1}{2810} 100 * 12.2 = 6.27cm^2$$

$$A_s \text{ max} = 0.50 \rho_b b d = 0.50 * 0.03695 * 100 * 12.5 = 23.09cm^2$$

Figura 29. Distribución de cargas y momentos para las gradas.



El armado de las gradas queda de la siguiente manera:

$M(+)$ = A_s = 15.60 cm²; varilla No. 3 @ 0.11 m;

$M(-)$ = A_s = 9.61 cm²; varilla No. 3 @ 0.11 m;

Acero por temperatura = A_s = 0.002 * b * t = 0.002 (100) * (15) = 3.00cm²

S_{max} = 3 * t = 2 * 15 = 30 cm; varilla No. 3 @ 0.30 m.

2.2.4 Instalaciones

2.2.4.1 Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica del edificio escolar de dos niveles para la aldea Chirijox se detalla en el plano de electricidad.

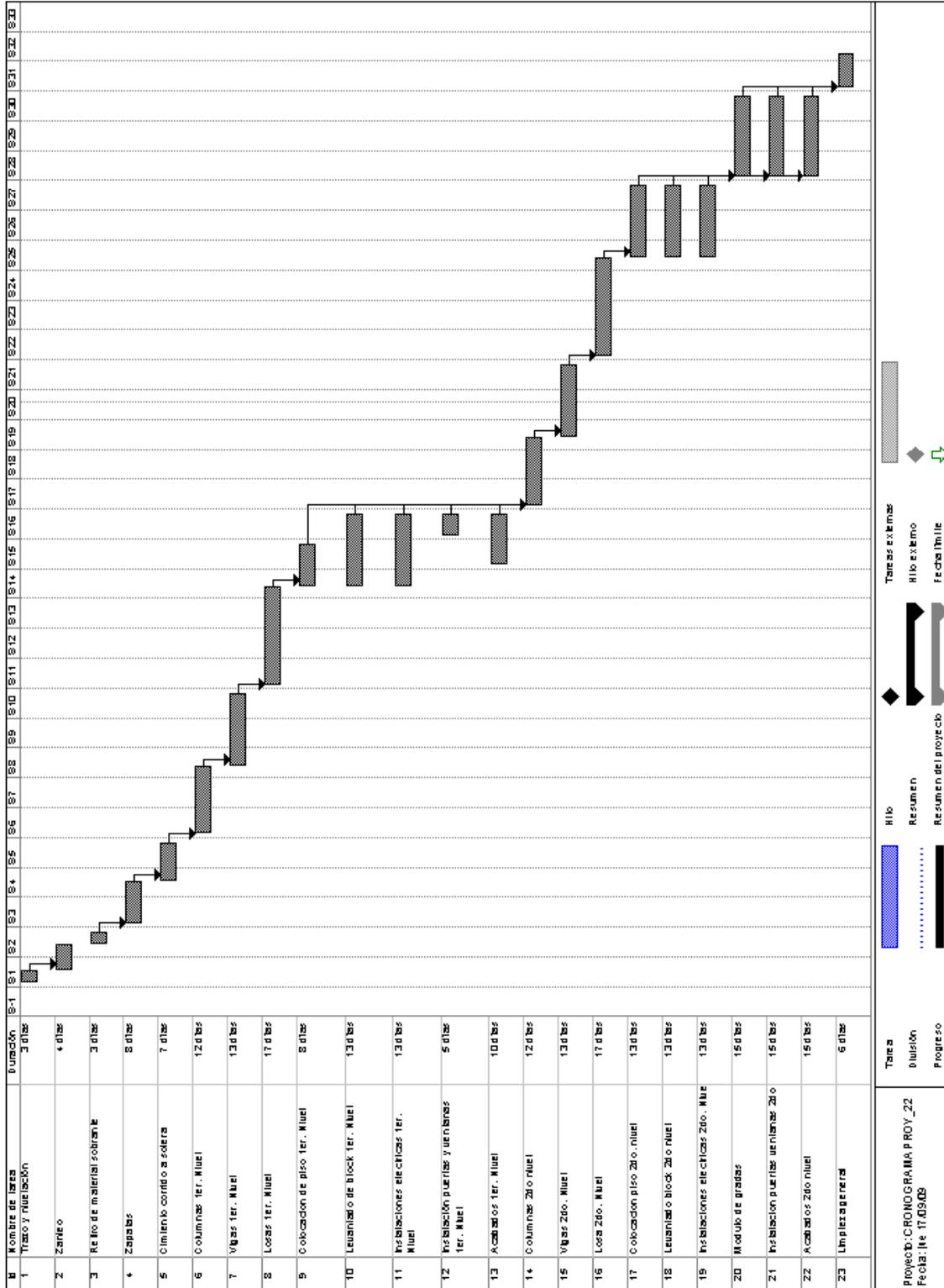
2.2.5 Presupuesto.

El presupuesto se elaboró a base de precios unitarios, tomando como referencia los precios de materiales que se encuentran en el municipio y sus alrededores, lo concerniente a mano de obra se aplicó lo que la municipalidad asigna para estos casos, y para los indirectos se aplicó el 5%.

Tabla XVI. Presupuesto, edificio escolar para la Escuela aldea Chirijox.

Proyecto: CONSTRUCCIÓN MODULO DE AULAS DE DOS NIVELES Ubicación: ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLA Fecha: AGOSTO, 2009 Propiedad de: MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN					
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL (Q)
1	TRAZO Y NIVELACIÓN	ML	176	Q 13.17	Q 2,317.44
2	ZAPATAS TIPO 1	UNIDAD	20	Q 2,914.89	Q 58,297.76
3	ZAPATAS TIPO 2	UNIDAD	10	Q 4,372.63	Q 43,726.31
4	CIMIENTO CORRIDO	ML	176	Q 279.08	Q 49,117.26
5	COLUMNA TIPO A	UNIDAD	30	Q 3,641.25	Q 109,237.54
6	COLUMNA TIPO B	UNIDAD	30	Q 2,485.93	Q 74,577.96
7	COLUMNA TIPO D	UNIDAD	24	Q 3,244.02	Q 77,856.54
8	SOLERA HIDROFUGA	ML	110	Q 229.88	Q 25,286.66
9	SOLERA INTERMEDIA	ML	148	Q 228.32	Q 33,791.79
10	SOLERA DE SILLAR	ML	72	Q 233.42	Q 16,806.02
11	VIGA TIPO 1 segundo nivel	ML	108	Q 430.98	Q 46,545.76
12	VIGA TIPO 2 segundo nivel	ML	63	Q 426.64	Q 26,878.11
13	VIGA TIPO 3	ML	20	Q 385.74	Q 7,714.85
14	VIGA TIPO 4	ML	108	Q 453.81	Q 49,011.12
15	VIGA TIPO 5	ML	63	Q 527.17	Q 33,211.96
16	VIGA TIPO 6	ML	20	Q 484.80	Q 9,695.90
17	LOSAS	M ²	624	Q 921.74	Q 575,164.78
18	COLOCACION PISO	M ²	565	Q 197.73	Q 111,714.88
19	LEVANTADO DE BLOCK	M ²	565	Q 271.07	Q 153,153.96
20	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	GLOBAL	1	Q 4,266.11	Q 4,266.11
21	CIRCUITO FUERZA	GLOBAL	1	Q 10,702.69	Q 10,702.69
22	CIRCUITO ILUMINACIÓN	GLOBAL	1	Q 42,156.22	Q 42,156.22
23	MODULO DE GRADAS	GLOBAL	1	Q 40,123.66	Q 40,123.66
24	INSTALACIÓN PUERTAS Y VENTANAS	AULA	8	Q 4,550.00	Q 36,400.00
25	ACABADOS	M ²	616	Q 189.23	Q 116,563.41
26	LIMPIEZA GENERAL	GLOBAL	1	Q 2,844.07	Q 2,844.07
COSTO TOTAL EN QUETZALES					Q 1,757,162.76
COSTO TOTAL EN DOLARES AMERICANOS (Q 8.20 = \$ 1.00)					\$214,288.14

2.2.6 Cronograma de ejecución



2.3. Estudio de Impacto Ambiental.

2.3.1 Amenazas potenciales

Toda construcción tiene amenazas potenciales como aquellas 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 la corta de arbolado y excavaciones que se realizarán para la colocación de las diferentes obras de arte y 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 urbana por lo que no producirá mayor contaminación ambiental, aunque si afectará a la población debido al personal que trabajará en la obra y al traslado de materiales.

2.3.1.1 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

2.3.1.2 Fase de operación

- Alteración de los niveles de presión sonora.
- Alteración de las comunidades faunísticas.
- Afectación somera 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 XVII describe sobre qué factor ambiental se producirá el impacto.

En los próximos temas se describirán los impactos potenciales que como consecuencia de la construcción de los proyectos podrían producirse sobre el medio, agrupados en función, por un lado, del elemento que es afectado, y por el otro, de la fase en la que se producen.

Tabla XVII. Medios afectados según la fase del proyecto

FASES DEL PROYECTO	MEDIO POTENCIALMENTE AFECTADO
CONSTRUCCIÓN	Suelo Agua Ruido Flora y vegetación Fauna Medio socioeconómico Paisaje
OPERACIÓN	Ruido Fauna Medio socioeconómico

2.3.2 Tipos de vulnerabilidades de la población

En cualquier tipo de construcción siempre se vera afectada la naturaleza y la población cercana, como por ejemplo el ruido que provocará la construcción alterara posiblemente a las personas en sus hogares. Pero también habrá ventajas como por ejemplo la socioeconomía y el nivel de empleo traerá ventaja a la población en donde la calidad de vida mejorará.

2.3.3 Medidas de mitigación

2.3.3.1 Medio físico

2.3.3.1.1 Suelo

La mayor parte de los efectos potenciales sobre el suelo se desarrollarán sobre la fase de construcción.

Los posibles 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

A la hora de la construcción de estructuras principales y en algunos casos las auxiliares, 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, con lo que se incrementaría esta superficie. En estas zonas se elimina tanto la vegetación arbórea como arbustiva.

De esta manera contribuye a la degradación del suelo, principalmente la capa vegetal, lo que favorece procesos erosivos.

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, aunque se produciría modificación y destrucción del perfil edáfico por la apertura de las fundaciones, pérdida de cierto volumen de estrato orgánico y una compactación del suelo debido al movimiento de la maquinaria entorno 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.

En algunos casos se podría producir una contaminación del suelo debida al derrame de materiales o vertido de residuos, por accidente o descuido, 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 pluviometría.

De igual manera estas acciones pueden dar lugar a modificaciones del relieve, aunque serían mínimas, ya que se aprovechan los caminos existentes y el volumen de las excavaciones es muy reducido.

2.3.3.1.2 Hidrología e hidrogeología

Los efectos producidos por cualquier proyecto sobre el agua son debidos a los aportes que se realicen sobre los ríos, por vertidos accidentales de desechos de materiales, detergentes, combustibles, aceites, aditivos utilizados por la maquinaria. También es afectada por el aumento de sedimentos en suspensión en las aguas superficiales que son producidas por movimiento y remoción de tierra y arrastradas por las precipitaciones.

Se producirán principalmente durante la fase de construcción, debido a las siguientes acciones:

- a. Movimiento de tierras
- b. Operaciones de lavado de maquinaria
- c. Transporte, carga y descarga de materiales

Estos aportes son generalmente consecuencia del arrastre de material de desecho, estrato orgánico y vertidos, influyendo en la calidad de las aguas, por aumento, principalmente, de los sólidos en suspensión. De cualquier manera, los aportes tendrían lugar en los períodos de lluvia, cuando el caudal es mayor, actuando el cauce como auto depurador por decantación de los mismos, de manera que la afectación no sería significativa. De cualquier manera, la existencia de una cubierta vegetal potente minimiza los arrastres que se puedan producir.

A causa de la presencia de personal de obra en las proximidades de los ríos, se podría producir ocasionalmente el vertido de aguas residuales y/o sanitarias a dicho cauce, o incluso se podrían producir vertidos accidentales al cauce que alterarían la calidad de las aguas, ya que durante la construcción se utilizan productos que alterarían la calidad de las aguas, como los combustibles, aditivos, etc. La adopción de buenas prácticas y las medidas preventivas oportunas eliminarían este efecto.

Los procesos por los cuales un contaminante presente en el suelo pasa a incorporarse a la red superficial de agua son ciertamente complejos, pero en el caso objeto de estudio se puede asumir que el arrastre y la infiltración por parte del agua superficial será la principal causa de movilización de contaminación.

La contaminación de las aguas subterráneas se produce cuando se dan simultáneamente una serie de circunstancias, o factores favorables, como la existencia de acuíferos subterráneos (superficiales o profundos), materiales o

suelos con cierta permeabilidad susceptible de reducirse por la compactación de los mismos, presencia o cercanía de focos contaminantes.

2.3.3.1.3 Ruido

En la valoración del impacto debido al ruido por efecto de la maquinaria o de los trabajadores del proyecto habrá que tener en cuenta que el nivel de ruido generado en el área rural varía entre los 20 y 35 dB, que puede llegar a ser muy superiores en el caso de uso de maquinaria agrícola o presencia de carreteras.

A modo de ejemplo, una lluvia moderada provoca un ruido de alrededor de 50 dB, e incluso una conversación en un local cerrado se sitúa en torno a 60 dB.

Se adjuntan a continuación en la tabla XVIII los valores límite recomendados por la OMS expresados como nivel de presión acústica para distintos ambientes (dB).

Tabla XVIII. Valores límite de exposición al ruido

TIPO DE AMBIENTE	PERÍODO	Leq dB (A)
Laboral	8 horas	75
Doméstico, auditorio, aula	---	45
Dormitorio	Noche	35
Exterior diurno	Día	55
Exterior nocturno	Noche	45

Fuente: Datos de la OMS.

2.3.3.1.4 Calidad del aire

Durante la fase de construcción el impacto potencial es debido al incremento de polvo en el ambiente por el movimiento de maquinaria. Este incremento de partículas en suspensión, que podría suponer un efecto negativo sobre la flora y las personas, se puede comparar con el producido por la maquinaria agrícola en la realización de los trabajos habituales del campo, por lo que se considera prácticamente nulo si se tiene en cuenta además su carácter claramente temporal, ya que una vez finalizada la construcción no se producirá ninguna contaminación por aumento de partículas en suspensión.

Además, se trata de un impacto fácilmente mitigable con las medidas correctoras oportunas, consistentes en regar aquellas zonas donde interese evitar que se levante más polvo. Por todo ello se puede considerar un impacto no significativo.

Por lo que respecta al clima general de la zona, la alteración que puede producir sobre el mismo un proyecto como el que se investiga, se puede considerar nula.

2.3.3.2 Medio biótico

2.3.3.2.1 La flora y vegetación

Los efectos se harán patentes sobre la fase de construcción.

En las masas forestales la obliga a la apertura de calles de seguridad en el arbolado existente, definidos por la distancia mínima que ha de haber entre las ramas de los árboles más altos y por el ancho de las calles.

La corta de arbolado provoca la aparición de un pasillo deforestado al que se denomina calle o servidumbre. Su creación provoca la modificación de la cubierta vegetal de forma permanente, pues la calle debe mantenerse libre de arbolado mientras dure el período de construcción.

Cuando en la construcción del proyecto se atraviesan terrenos ocupados por pastos o pastizales no se produce ningún efecto grave y permanente sobre la vegetación.

Por el contrario, al cruzar masas forestales, la apertura de calles puede suponer un efecto importante de carácter permanente, cuya magnitud depende del valor botánico y ecológico de las especies afectadas, de las formaciones atravesadas y del número de pies arbóreos que se deban eliminar, cuya importancia podría ser mayor debido a su alto valor ecológico por ser el hábitat natural de una diversidad de especies faunísticas.

Este impacto posee una magnitud superior cuando la calle se abre por primera vez, durante la fase de construcción, ya que durante la operación, las actividades se realizarán sobre un medio ya modificado.

Una vez finalizada la fase de construcción, se procederá a la recuperación de los accesos que no vayan a ser necesarios mediante la re vegetación de los mismos.

Otro posible efecto será la modificación de la flora presente, por servir de pasillo de introducción a especies invasoras foráneas, que antes de la apertura de la servidumbre veían condicionada su entrada.

2.3.3.2.2 Fauna

Al estudiar los impactos sobre la fauna hay que diferenciar claramente durante la fase de construcción y la de operación.

Durante la fase de obras hay que tener en cuenta las afecciones que se producen como consecuencia de la pérdida, fragmentación y alteración del hábitat, repercutiendo especialmente sobre la fauna terrestre y aquellas que tienen repercusión sobre la fauna acuática como consecuencia de la alteración de la calidad de las aguas. También se pueden producir afecciones sobre toda la fauna presente en el área del proyecto, ya que puede variar sus pautas de comportamiento como consecuencia de los ruidos, mayor presencia humana, movimiento de maquinaria y otras molestias que las obras pueden ocasionar.

Durante la fase de operación, los mayores riesgos son para la acuática. La afección de los peces se origina por la contaminación de las fuentes de agua.

2.3.3.3 Medio socioeconómico

2.3.3.3.1 Efectos potenciales sobre la población

Durante la fase de construcción, la población puede verse afectada por el incremento de partículas en suspensión, ruidos, humos, etc. Se trata de afecciones temporales que terminarán una vez acaben las obras.

Respecto a la población activa, se generarán empleos, principalmente durante la fase de construcción y en menor medida en la de operación. Serán

de tipo directo en la propia construcción del proyecto y también indirectos en el sector servicios (alojamientos, restaurantes, comercio, etc.).

En lo que respecta a la fase de operación, es de prever que los puestos necesarios serán cubiertos por técnicos de la propia municipalidad del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, pudiéndose necesitar asistencia para otros aspectos, como puede ser el servicio de mantenimiento del proyecto.

2.3.3.3.2 Efectos potenciales sobre el sector privado

La afección a los recursos agrícolas se centra en la instalación de las estructuras, limitando el uso de los terrenos afectados, pudiéndose cultivar el resto de los terrenos alrededor. Durante la fase de construcción podría producirse daños en los cultivos existentes.

2.3.3.3.3 Efectos potenciales sobre las infraestructuras y servicios

El efecto más importante será la recolección de las aguas negras domésticas y su transporte hacia las plantas de tratamiento para la remoción de la mayor cantidad de contaminantes para luego verterlas a los desfogues.

También, con el proyecto de la escuela primaria se contribuirá a aumentar el nivel de escolaridad que existe en el área proveyendo de un ambiente agradable y seguro para los estudiantes.

2.3.3.3.4 Efectos potenciales sobre el patrimonio histórico cultural

Los daños que se pueden provocar son de dos tipos, según se trate de monumentos o de yacimientos arqueológicos. Respecto a los monumentos, el impacto se centra sobre el paisaje, dado que con la construcción de cualquier proyecto se degrada la calidad estética de las cuencas visuales donde se encuentran integrados. En el caso de los restos arqueológicos, la exposición al riesgo es de tipo directo, consecuencia de las excavaciones.

2.3.3.3.5 Efectos potenciales sobre los espacios naturales protegidos

Se incluye el efecto potencial sobre los espacios naturales protegidos como consecuencia de la actividad sobre el medio socioeconómico, porque su declaración obedece, además de sus valores ecológicos, a la situación social y económica del territorio donde se enmarca.

Se deben considerar en la elección del trazado, la presencia de espacios naturales protegidos, por lo que la solución propuesta, debe buscar la minimización de los efectos que se puedan producir sobre éstos.

2.3.3.4 Medio perceptual

2.3.3.4.1 Efectos potenciales sobre el paisaje

Se modifican las condiciones de visibilidad del entorno cuando se provoca una falta de ajuste o un excesivo contraste entre las estructuras y el

paisaje que la rodea, a través de diferencias considerables de color, forma, escala, línea o textura, es decir, los elementos básicos que lo definen.

Desde el inicio de la fase de construcción, los elementos de las estructuras en relación directa con los componentes del paisaje, provocando un contraste visual de las panorámicas afectadas.

Las estructuras, además de suponer por sí mismas la aparición de un elemento extraño en el paisaje, llevan consigo una serie de actuaciones, como pueden ser la compactación del suelo y la pérdida de la cubierta vegetal, que constituyen una afección clara hacia el entorno.

La apertura de nuevos accesos, tiene menos impacto, integrándose muchos de ellos de nuevo a medida que van siendo revegetados.

CONCLUSIONES

1. El sistema de agua potable tiene una longitud de 21 km de conducción, la cual se divide en dos ramales, el primero cuenta con 11 km de tubería de PVC de diámetros de 2.5 y 2 pulgadas y 160 PSI; el segundo ramal tiene una longitud de 10 km y un tramo de 200 metros por bombeo, con tubería de diámetros de 3 y 2.5 pulgadas y 160 PSI.
2. El presupuesto del proyecto de la línea de conducción de agua potable hacia la cabecera municipal de Santa Catarina Ixtahuacán, éste da un total de Q2168,282.44 reflejando un costo total alto, debido esto a que son dos los ramales que se diseñaron.
3. El módulo de aulas para la escuela de la aldea Chirijox tiene un costo total de Q 11757,162.76. El edificio tendrá un área de construcción de 306 m² y por lo tanto un costo unitario de Q 5,742.36 Q/m².
4. El impacto ambiental que tendrá como consecuencia la introducción de agua potable en los lugares por donde pasará la tubería serán negativos, ya que se tendrá que deforestar ciertas aéreas, para evitar el impacto negativo se tendrá que reforestar dichas áreas.
5. El costo directo de la rehabilitación del sistema de agua potable asciende a Q 2168,282.44, y el análisis económico del mismo da como resultado el Valor Presente Neto VPN de Q -24,171.60 con signo negativo, lo cual indica que el proyecto no es rentable o va a generar pérdidas, pero ya que se trata de un proyecto social con fines de acceso a las necesidades básicas de la población sin esperar utilidad por ello.

RECOMENDACIONES

1. Que el profesional de Ingeniería Civil 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.
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 hacia la población que la consume.
4. Una vez finalizada la construcción del módulo de aulas, se brinde el mantenimiento correspondiente y crear un fondo para sostenimiento del edificio, para que el mismo se mantenga en buen estado y proporcione las condiciones necesarias para el proceso enseñanza-aprendizaje.
5. Dentro el inciso 2.1.10. programa de operación y mantenimiento se detalla el tiempo que cada componente de la línea de conducción debe de ser revisada o brindarle el mantenimiento correctivo.

BIBLIOGRAFÍA.

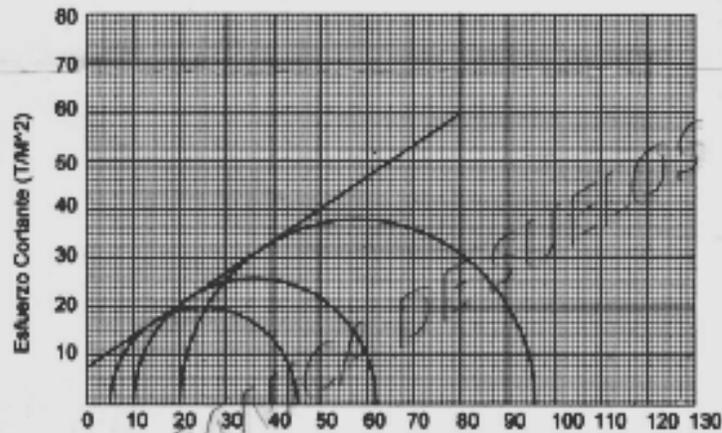
1. **ASOCIACIÓN GUATEMALTECA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y SÍSMICA AGIES.** “Normas estructurales de diseño y construcción recomendados para la República de Guatemala”, 2002.
2. Cabrera Seis, Jadenon Vinicio. Guía teórica y práctica del curso de Cimentaciones I, Tesis Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1994.
3. Crespo Villalaz, Carlos. **Mecánica de suelos y cimentaciones.** 4ª edición. México: Editorial Limusa. 1999. 640 pp.
4. **Comité ACI-318 Reglamento de las Construcciones de Concreto reforzado. (ACI 318-99) y comentarios.** México: Editorial Limusa. 1999. 525 pp.
5. Frederick S. Merritt, M. Kent Loftin y Jonathan T. Ricketts. **Manual del Ingeniero Civil.** Cuarta edición (Tercera edición en español). McGraw-Hill. Tomos I y II. Abril 2004.
6. Zamora Jolon, Severo Constantino. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y edificación escolar para la comunidad Santo Domingo Peña Blanca, Siquinalá, Escuintla. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007.

ANEXOS



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0305 S.S. O.T.: 23.639
 INTERESADO: Selvin Ariel Hidalgo Morales Fecha: 05 de septiembre de 2008
 PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS
 UBICACIÓN: Escuela Oficial máta aldea Chirijox del municipio de Sta. Catarina Istahuacán
 pozo: 1 Profundidad: 3.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 33.06^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 7.60 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena pomez Color beige
 DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q (T/m ²)	35.01	50.92	76.10
PRESION INTERSTICIAL u (T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.5	4.0	8.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.28	1.28	1.28
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.56	1.56	1.56
HUMEDAD (%H)	23.9	23.9	23.9



Vo. Bo.
 Ing. Oswald Román Escobar Algoraz
 DIRECTOR, CIUSAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 000806

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO					
O.T. No. 23794				INF. No. 23 341	
INTERESADO:	SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES (Carné No. 1998-11312)			PROYECTO:	EPS "Reducción del sistema de abastecimiento de agua por gravedad"
RECOLECTADA POR:	Interesado			DEPENDENCIA:	FAC. DE INGENIERIA-USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Chalamab			FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2008-08-26: 09 h 40min
FUENTE:	Cacoculabab			FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB:	2008-08-26: 14 h 15 min
MUNICIPIO:	San Carlos (Totonicapán)			CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Con refrigeración
DEPARTAMENTO:	Solalá				
RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Clara	4. COLOR:	Incólora	7. TEMPERATURA:	(En el momento de recolección) - °C
2. COLOR:	06.80 Unidades	5. SABOR:	-----	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:	102.00 μ siemens
3. TURBIDEZ:	06.46 UNT	6. potencial de Hidrogeno (pH):	06.90 unidades		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONÍACO (NH ₃)	06.14	6. CLORUROS (Cl)	06.00	11. SÓLIDOS TOTALES	61.00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	06.00	7. FLUORUROS (F ⁻)	06.12	12. SÓLIDOS VOLÁTILES	04.00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	01.76	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	02.00	13. SÓLIDOS Fijos	57.00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	06.00	14. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	01.00
5. MANGANESO (Mn)	00.014	10. DUREZA TOTAL	40.00	15. SÓLIDOS DISUELTOS	54.00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BI-CARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00.00	00.00	64.00	64.00		

OTRAS DETERMINACIONES

OBSERVACIONES: Desde El punto de vista físico químico sanitario El agua es blanda. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de normalidad, Según NORMA COCIJANOR NCGO 2601.

TÉCNICA: "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 19th EDITION 1995, NORMA COCIJANOR NCGO 2601 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES Y SIEM (ALMA POTABLES Y SUS RESERVARIAS, GUATEMALA.

Guatemala, 2008-09-14

Va. Dn.

Ing. Osvaldo René Escobar Alvarado
ANALISTA QUÍMICO



Zelmar MORALES
 Ing. Químico Cos. (M.Sc.)
 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
 Jefe Técnico Laboratorio



EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 23 794		INF. No. A-298277	
INTERESADO	SELYN ARIEL HIDALGO MORALES (Carné. 1998-11512)	PROYECTO:	EPS "Rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua por gravedad"
MUESTRA RECOLECTADA POR	Interesado	DEPENDENCIA:	FAC. DE INGENIERÍA -USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Chalameb	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2008-08-26; 09 h 45 min.
FUENTE:	Chocotalameb	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2008-08-26; 14 h 15 min.
MUNICIPIO:	Santa Catarina Ixtahuacán	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Con refrigeración
DEPARTAMENTO:	Sololá		
SABOR:	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	No hay
ASPECTO:	Claro	COLOR RESIDUAL
OLOR:	Inodora		

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENOS)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	Inecesaria	Inecesaria
00,10 cm ³	Inecesaria	Inecesaria
00,010 cm ³	Inecesaria	Inecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMINES COLIFORMES/100cm ³		<2	<2

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.P. 21^{ma} NORMA COGUANOR NGO 4 018. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua ES POTABLE, según NORMA COGUANOR NGO 29901.
Guatemala, 2008-09-16

.Vo.Ba.
Ing. Osvaldo Ríos Escobar Alvarado
DIRECTOR CIUSAC

Ing. Domingo Col No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio





**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 000805

O.T. No. 20796		ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO SANTIAGO		DNE. No. 27 140	
INTERGADO:	SELVIN ABEL BIDAIGO MORALES (Carné No. 198 1152)	PROYECTO:	EPT - "Estudio del sistema de abastecimiento de agua por gravedad"		
RECOLECTADA POR:	Intervale	DEPENDENCIA:	FAC. DE INGENIERIA USAC		
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Chiquitá	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2008-08-26, 09:15 min.		
FUENTE:	Chiquitá	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.:	2008-08-26, 14:57 min.		
MUNICIPIO:	Santa Catarina Intercomunal	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Con refrigeración		
DEPARTAMENTO:	Retalhuleu				

RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Claro	4. OLOR:	Indefinido	7. TEMPERATURA (de 100 ml de muestra):	27.0 °C
2. COLOR:	0.00 Unidades	5. SABOR:	-----	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA:	10.00 µmhos/cm
3. TURBIDEZ:	00.23 UNT	6. potencial de Hidrogeno (pH):	6.8 unidades		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIO (NH ₄)	0.00	6. CLORURO (Cl)	00.00	11. SÓLIDOS TOTALES	40.00
2. NITRITO (NO ₂)	00.00	7. FLUORURO (F)	00.00	12. SÓLIDOS VOLÁTILES	07.00
3. NITRATO (NO ₃)	10.34	8. SULFATO (SO ₄)	00.00	13. SÓLIDOS Fijos	30.00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00.01	14. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	01.00
5. MANGANESO (Mn)	00.009	10. DUREZA TOTAL	14.00	15. SÓLIDOS DISUELTOS	30.00

ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)			
BICARBONATOS	CARBONATOS	BI-CARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
00.00	00.00	14.00	14.00

OTRAS DETERMINACIONES:

CONSERVACIONES: Desde el punto de vista físico-químico, el agua es blanda. Los demás determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de normalidad según NORMA COLOMBIANA N.E.C. 9000.

TÉCNICA: "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA APHA - A.M.S.A. - W.E.P. 19th EDITION 1995, NORMA COLOMBIANA N.E.C. 9000-1 DE UNIDAD TÉCNICA (MTC) FITOSANITARIA Y DE BIOMONITOREO, GUATEMALA.

Guatemala, 2008-08-16

Por:
Ing. Osvaldo Rodríguez Sánchez
DIRECTOR USAC



Ing. Osvaldo Rodríguez Sánchez
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

FACULTAD DE INGENIERIA USAC
Edificio F-3, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2410 0000, 2410 0000 Ext. 1382, FAX: 2410 0000
Página web: <http://www.usac.gt>



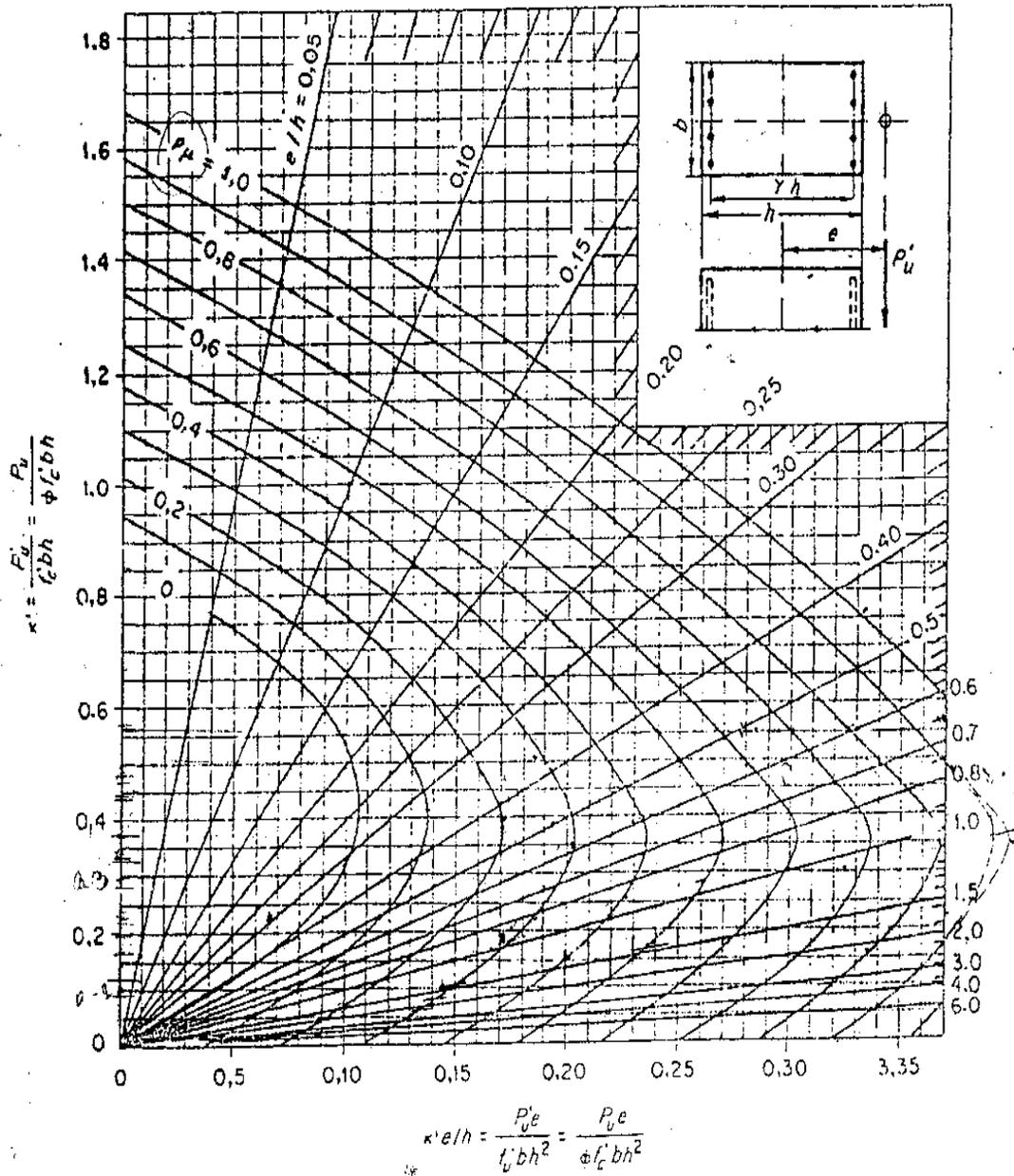
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 000808

EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 23 794		INF. No.A-298276	
INTERESADO	<u>SILVY ARIEL HIDALGO MORALES</u> (Camé. 1998-11512)	PROYECTO:	<u>EPS "Rediseño del sistema de abastecimiento de agua por gravedad"</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Interesado</u>	DEPENDENCIA:	<u>FAC. DE INGENIERIA -USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>Chiquisiz</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2008-08-26: 09 h 25 min.</u>
FUENTE:	<u>Chiquisiz</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2008-08-26: 14 h 15 min</u>
MUNICIPIO:	<u>Santa Catarina Ixtahuacán</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Sololá</u>		
SABOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>No hay</u>
ASPECTO:	<u>Claro</u>	COLOR RESIDUAL	<u>-----</u>
OLOR:	<u>Inodora</u>		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
		PRUEBA CONFIRMATIVA	
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,010 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		< 2	< 2
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21 TM NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
OBSERVACIONES: <u>Bacteriológicamente el agua ES POTABLE, según NORMA COGUANOR NGO 2900L</u>			
Guatemala, 2008-09-16			
.Vo.Bo.			
	Ing. Oswaldo Román Escobar Álvarez DIRECTOR CIPIUSAC	ZETZEL MENDIOLA Ing. Química Cat. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	
FACULTAD DE INGENIERIA -USAC Edificio F-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9508 Ext. 1502. FAX: 2476-3993 Página web: http://ci.usac.edu.gt			

Diagrama de Iteración para Columnas.



APÉNDICE 1

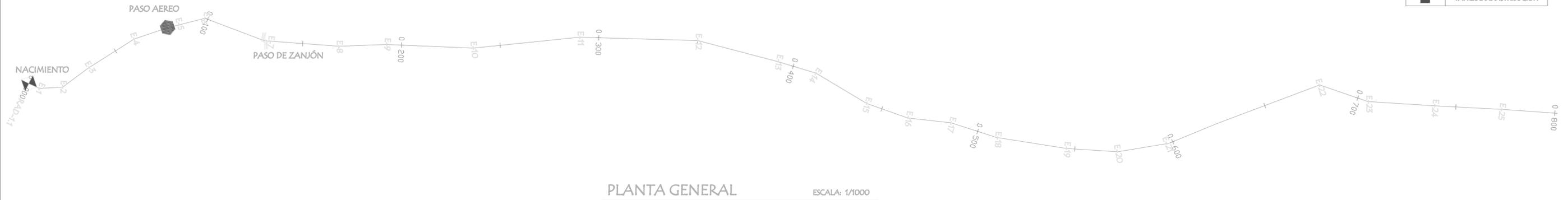
Planos de línea de conducción de agua.

Planos estructurales del edificio escolar escuela aldea Chirijox.

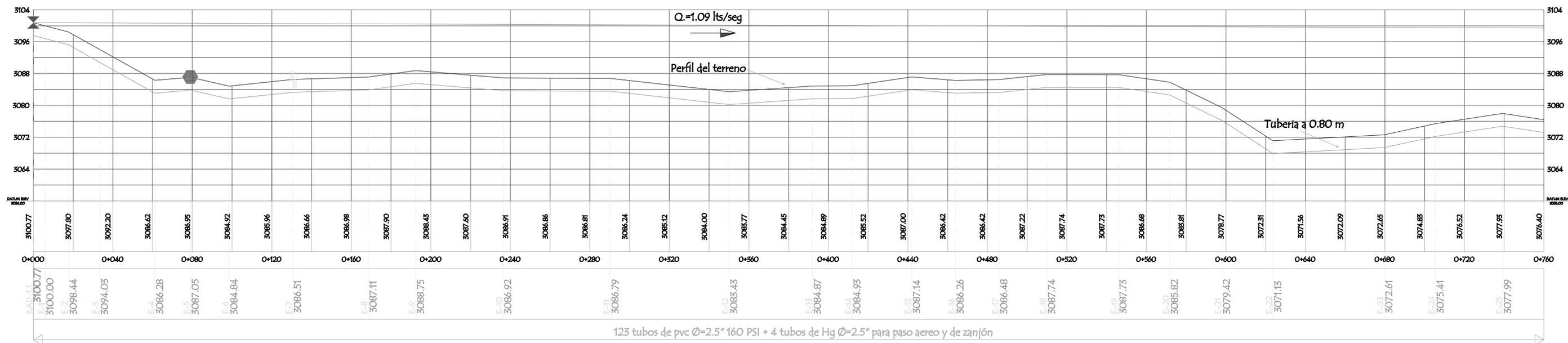


NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 0+000 A 0+760
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009
ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES

HOJA No.
1 / 34

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal
Ing. Angel Sic Garcia
Asesor

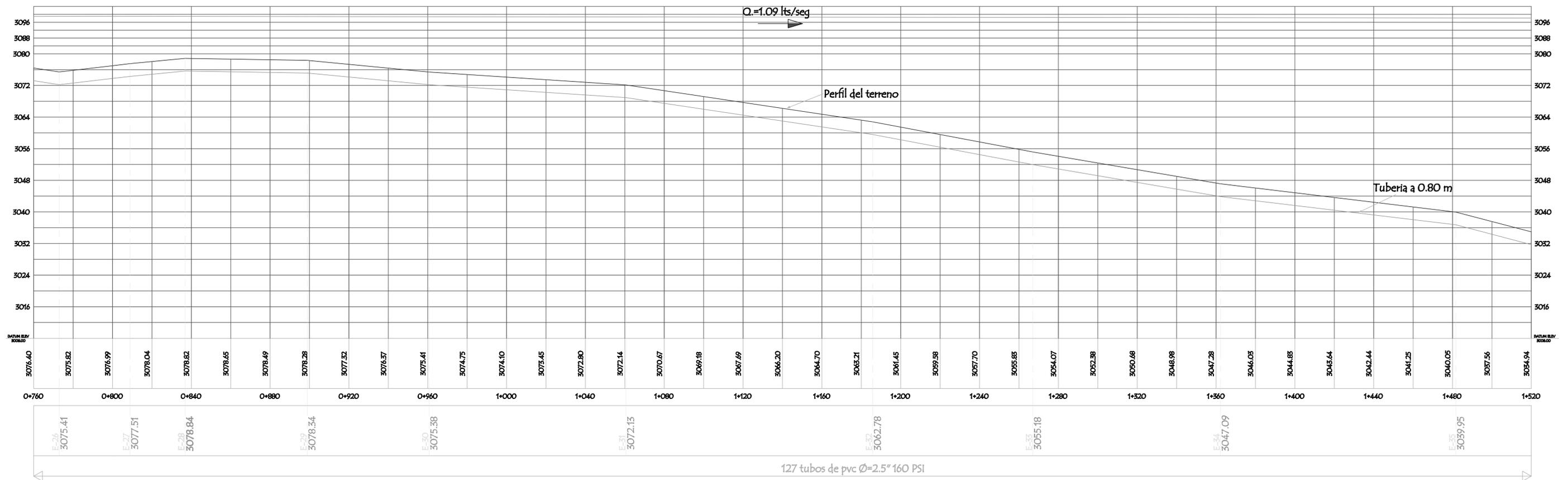


NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 0+760 A 1+520

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



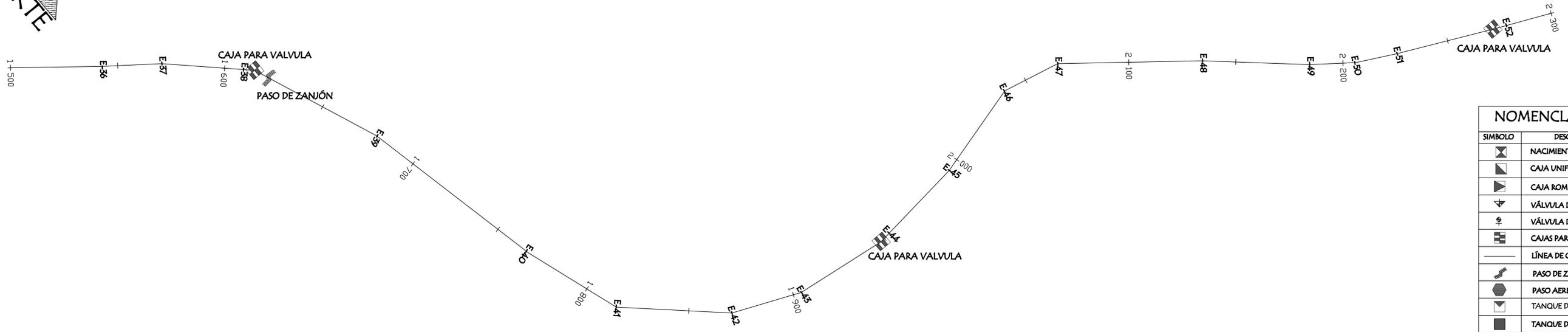
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 2 / 34
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

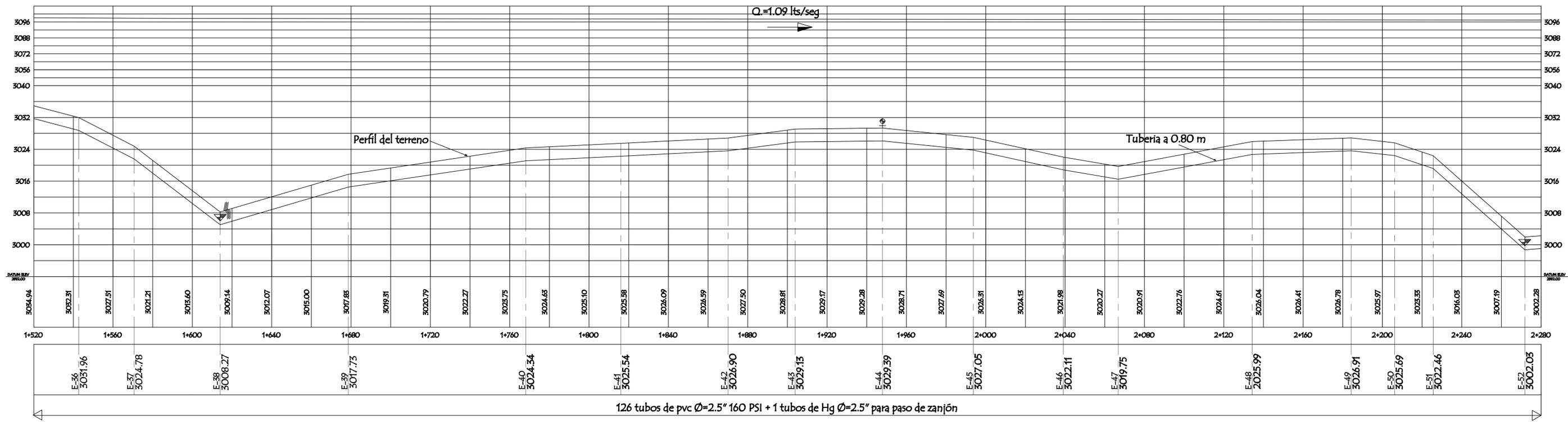
Prof. Francisco Tambréz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic García
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 1+520 A 2+280

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 3 34
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

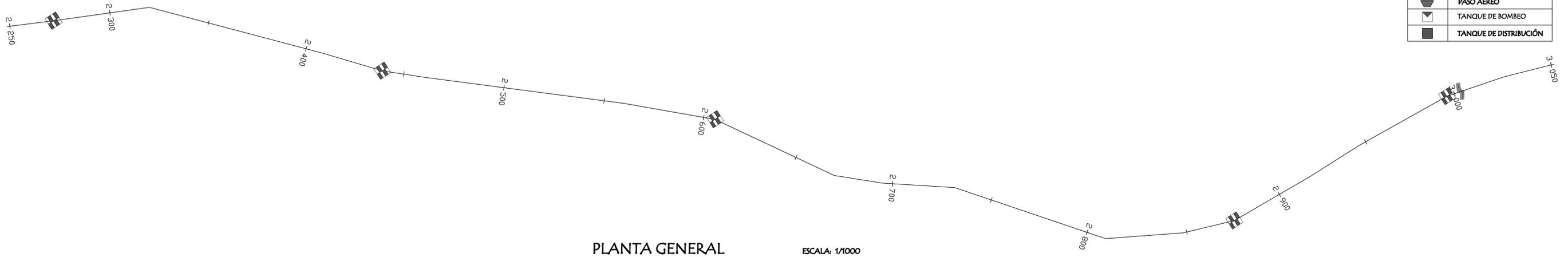
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor

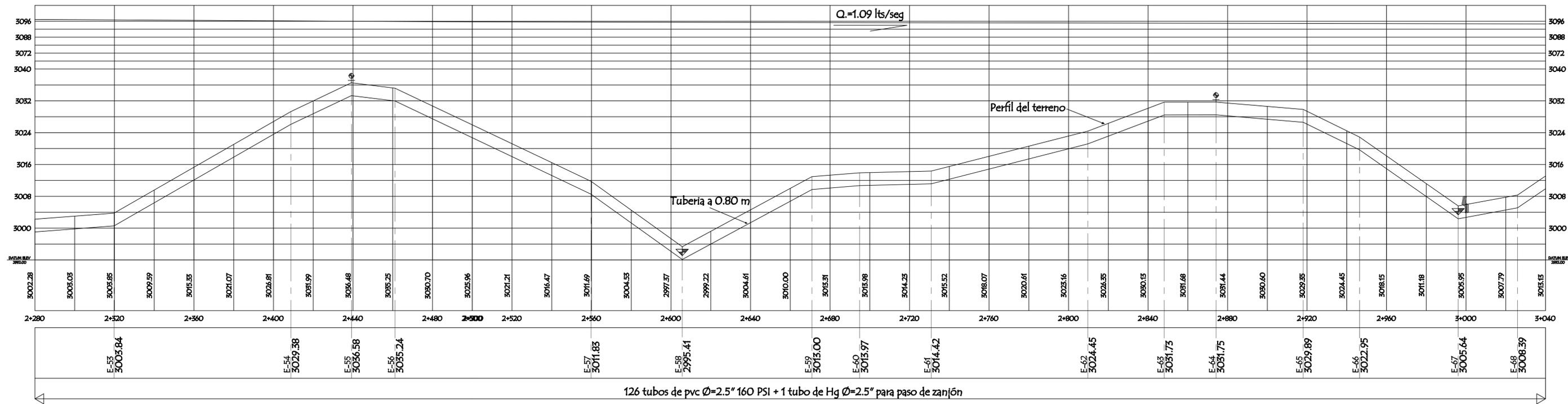


NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



126 tubos de pvc Ø=2.5" 160 PSI + 1 tubo de Hg Ø=2.5" para paso de zanjón

DE CAMINAMIENTO 2+500 A 3+400

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



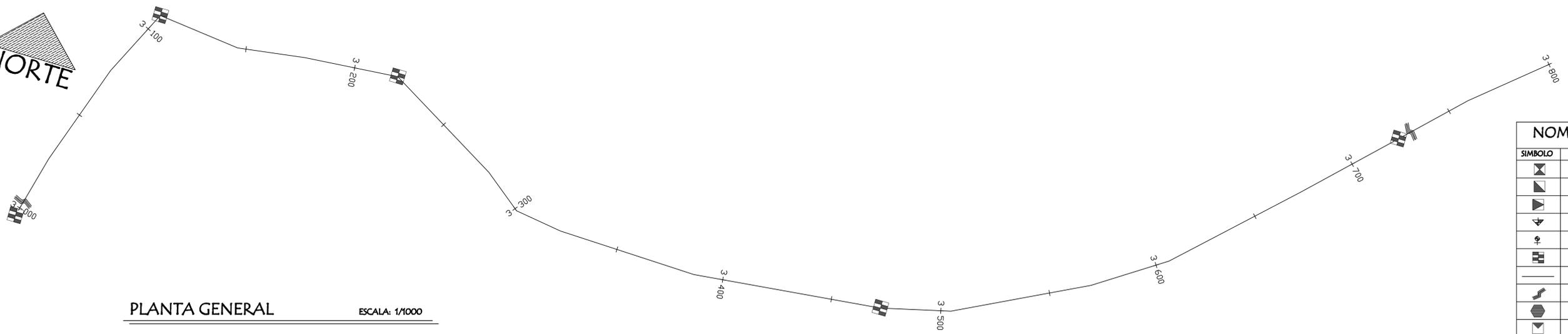
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 4
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	34

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

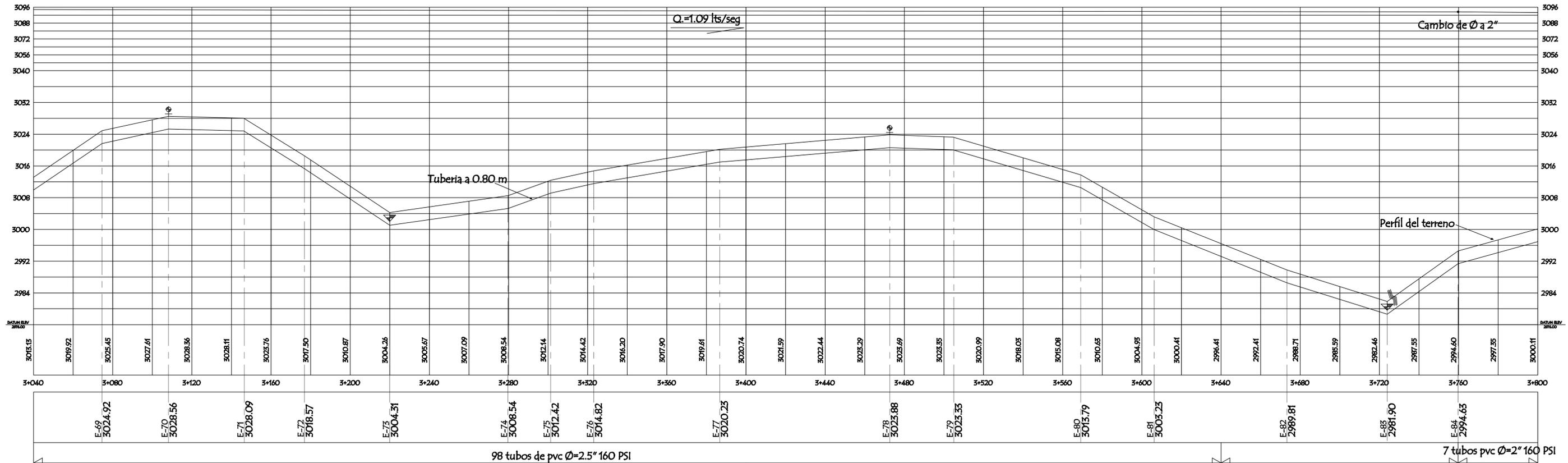
Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/1000

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



DE CAMINAMIENTO 3+040 A 3+800

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

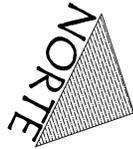
PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 5 / 34
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

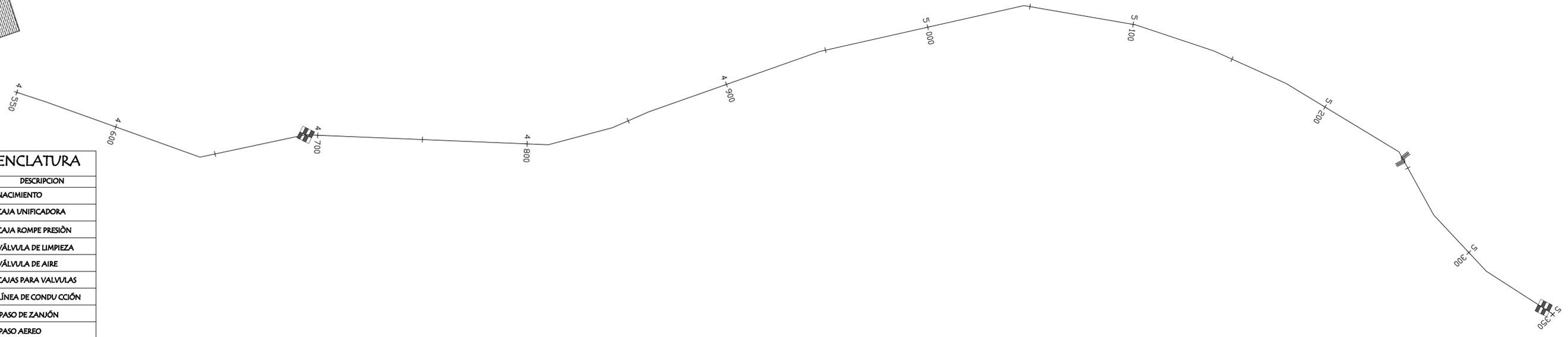
Ing. Angel Sic Garcia
Asesor

		3+800	300
			300
		3+840	300
E-85	3007.59		300
		3+880	300
RAD-87.1	3001.80		300
		3+920	2995
			2997
E-88	2996.80	3+960	2996
			300
E-89	3011.33	4+000	3010

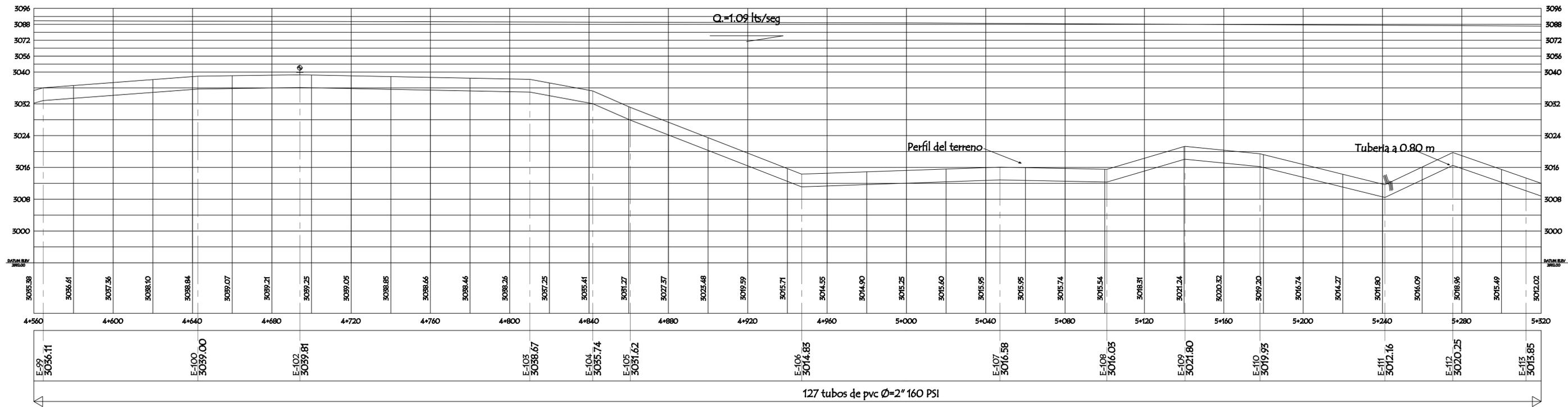


NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 4+560 A 5+320
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



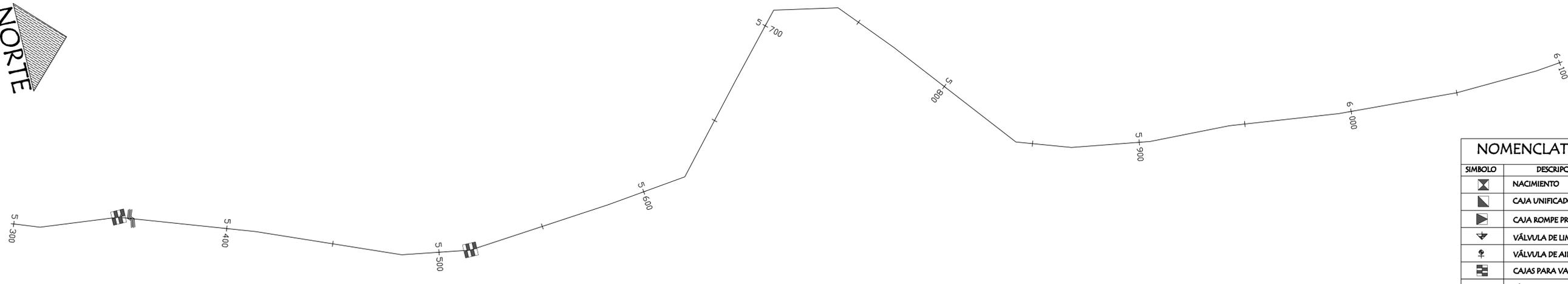
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTUAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	7 / 34

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

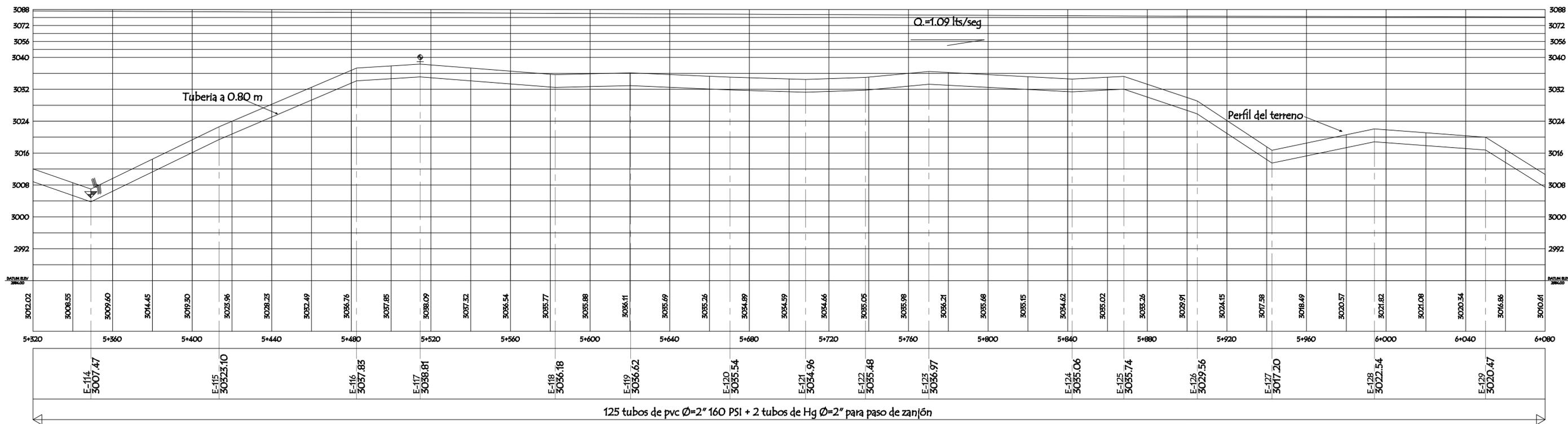
Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/1000



125 tubos de pvc $\phi=2''$ 160 PSI + 2 tubos de Hg $\phi=2''$ para paso de zanjón

DE CAMINAMIENTO 5+320 A 6+080

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



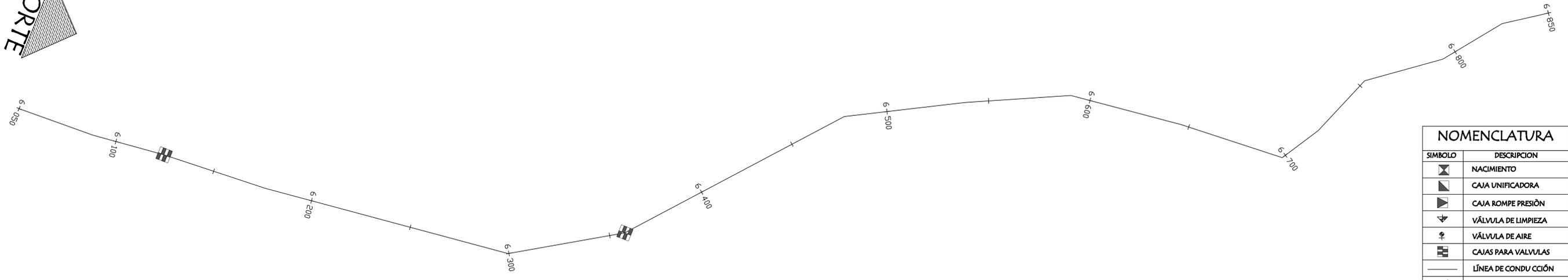
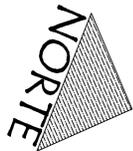
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTUAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	8 / 34

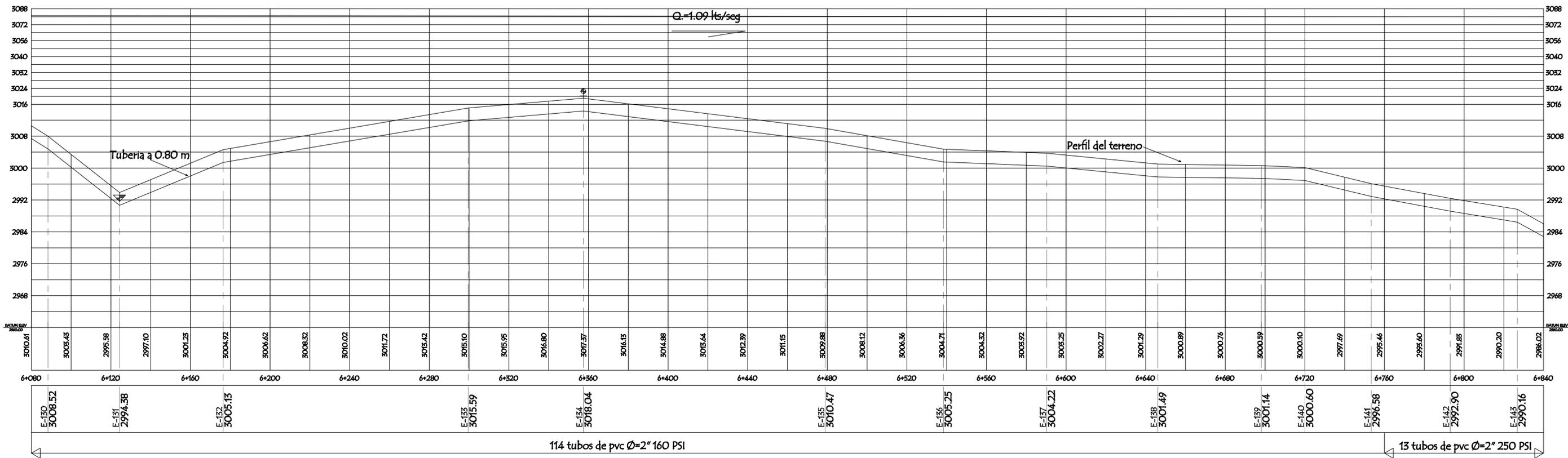
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



114 tubos de pvc Ø=2" 160 PSI 13 tubos de pvc Ø=2" 250 PSI

DE CAMINAMIENTO 6+080 A 6+840
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



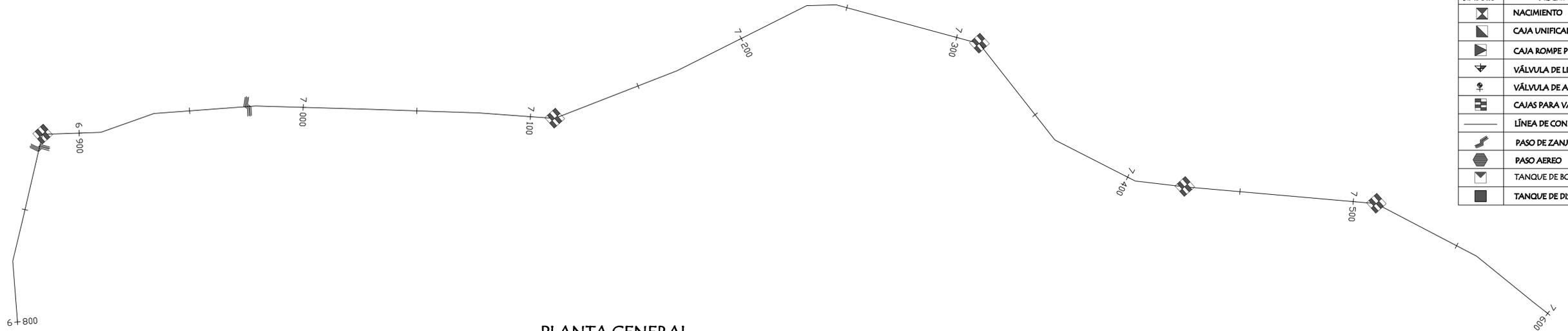
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

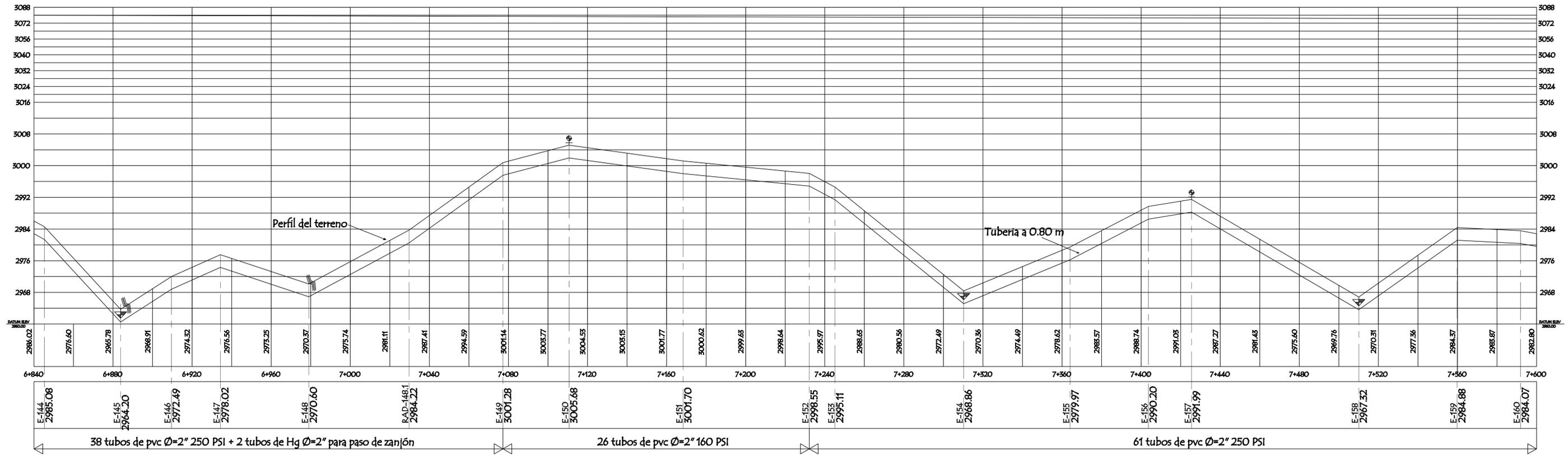
ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 9 / 34
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 6+840 A 7+600

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTUAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

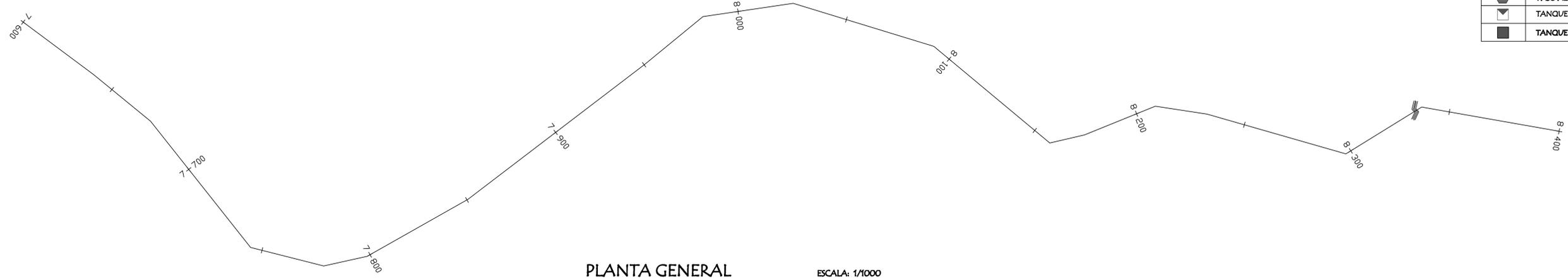
ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	10 / 34

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

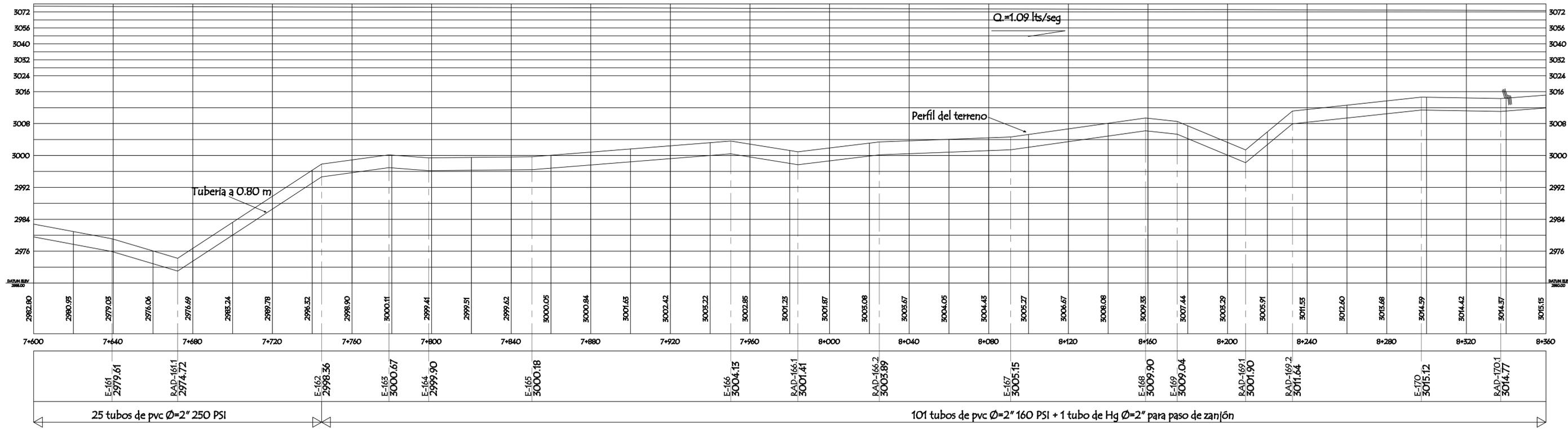
Ing. Angel Sic Garcia
Asesor

NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 7+600 A 8+360
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



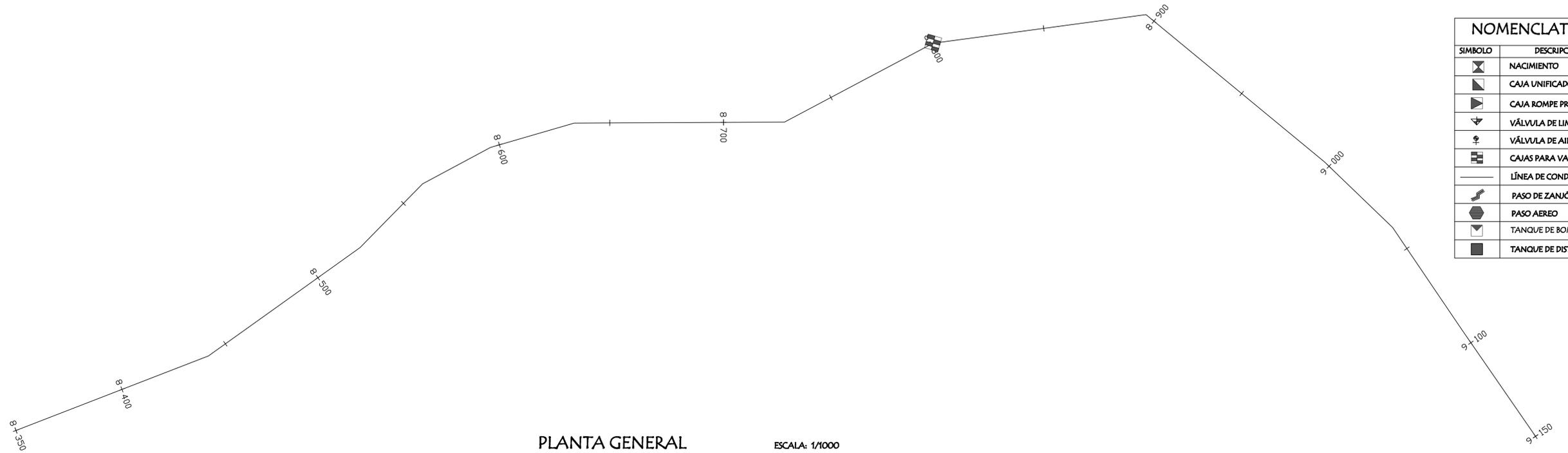
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTHUAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	11 / 34

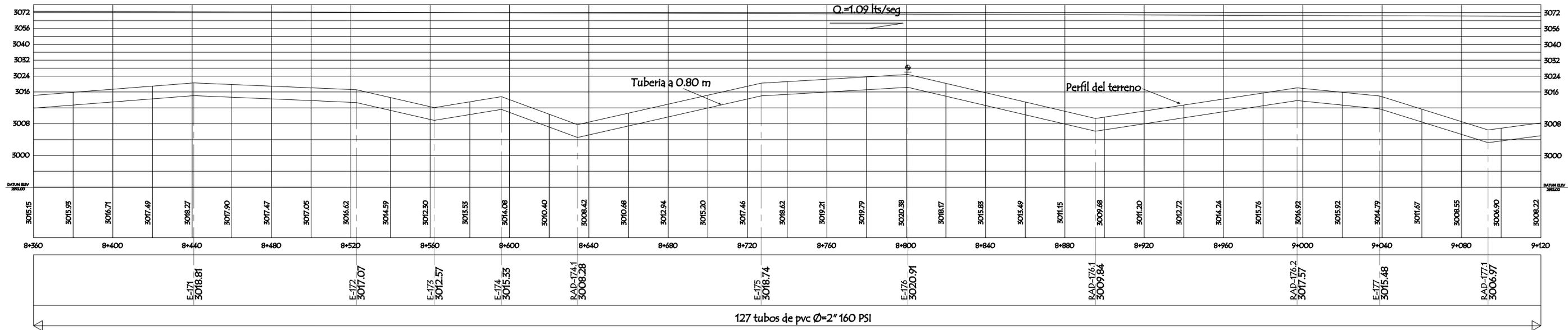
Prof. Francisco Tambriz
 Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
 Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 8+360 A 9+120
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL

ASesor DE REGION: ING. ANGEL SIC

CalCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES

DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES

DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES

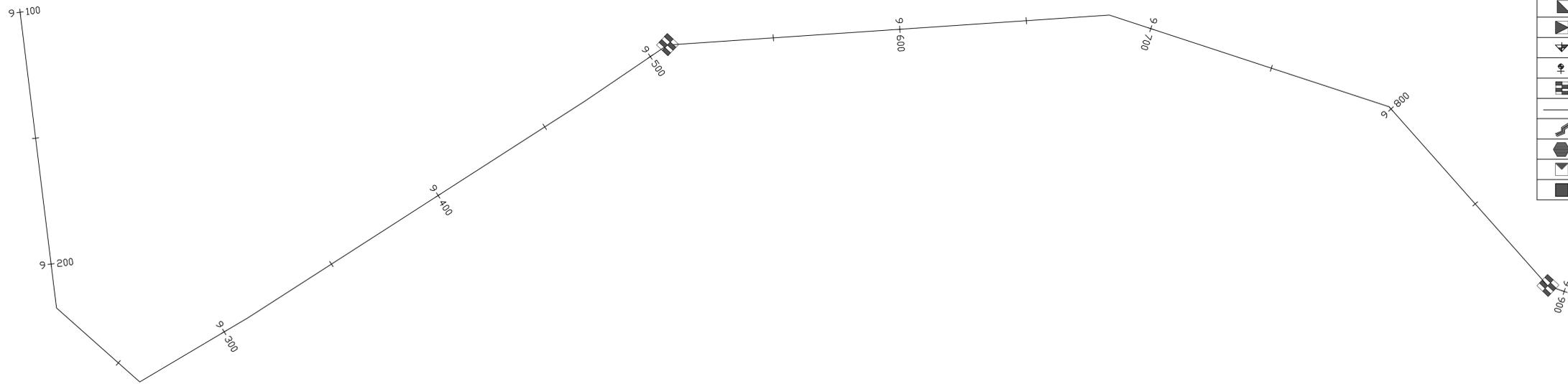
ESCALA: INDICADA

FECHA: ABRIL / 2008

HOJA No. 12 / 34

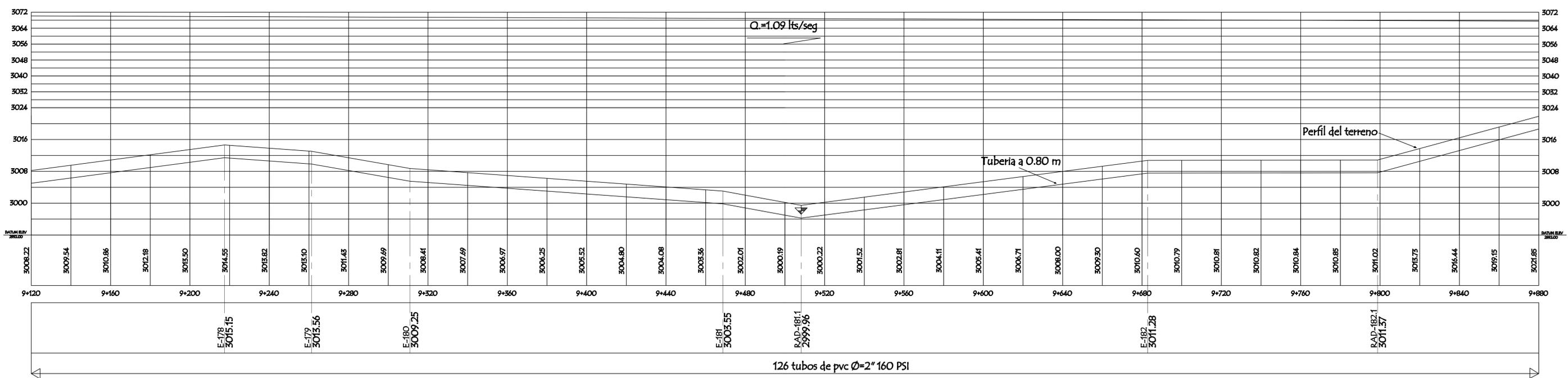
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 9+120 A 9+880
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



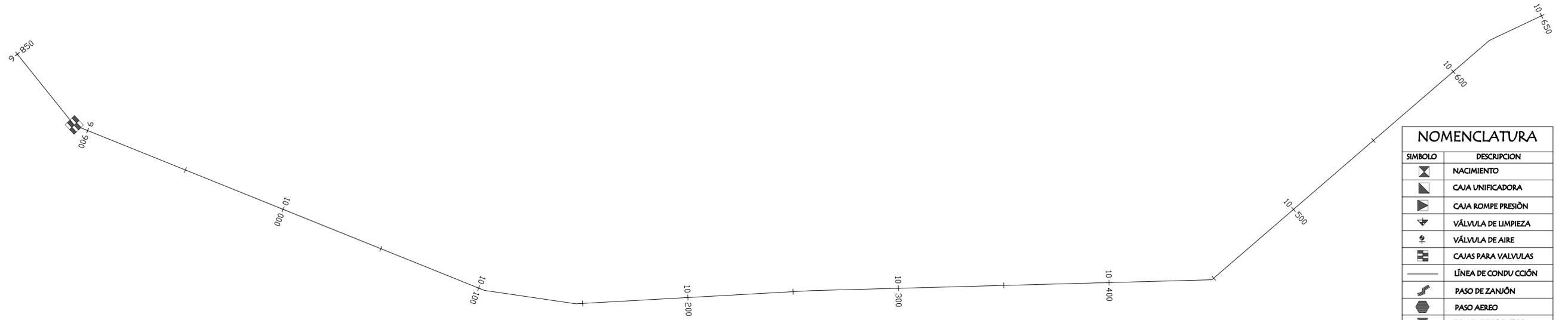
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 13 / 34
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

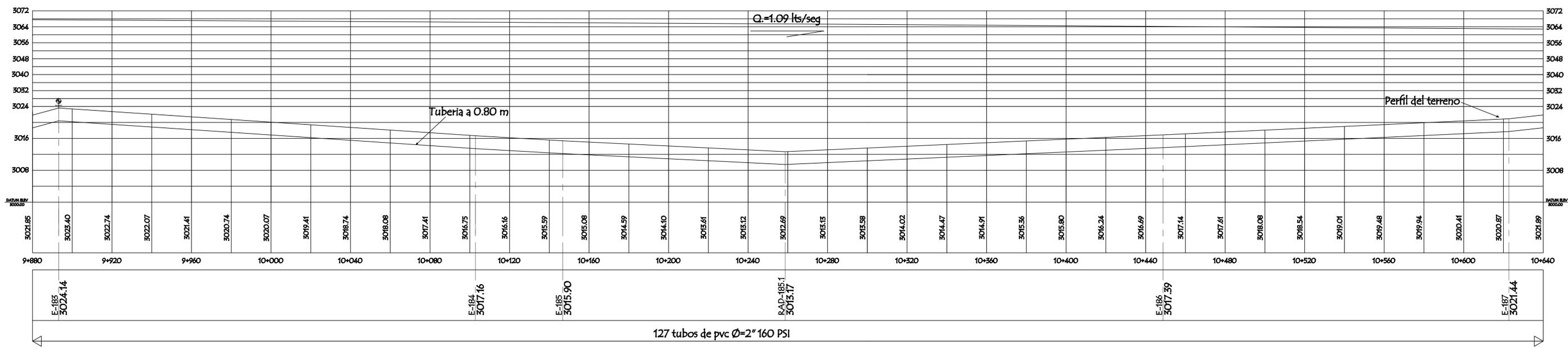
Prof. Francisco Tambriz
 Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
 Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 9+880 A 10+640
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

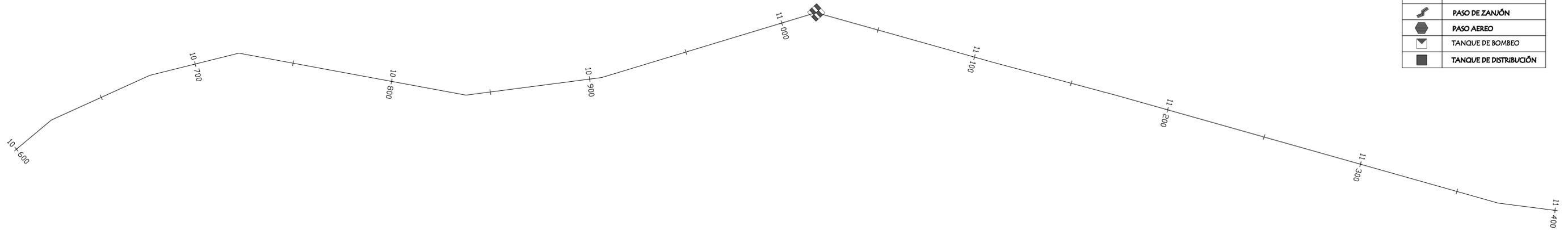
ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 14 / 34
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

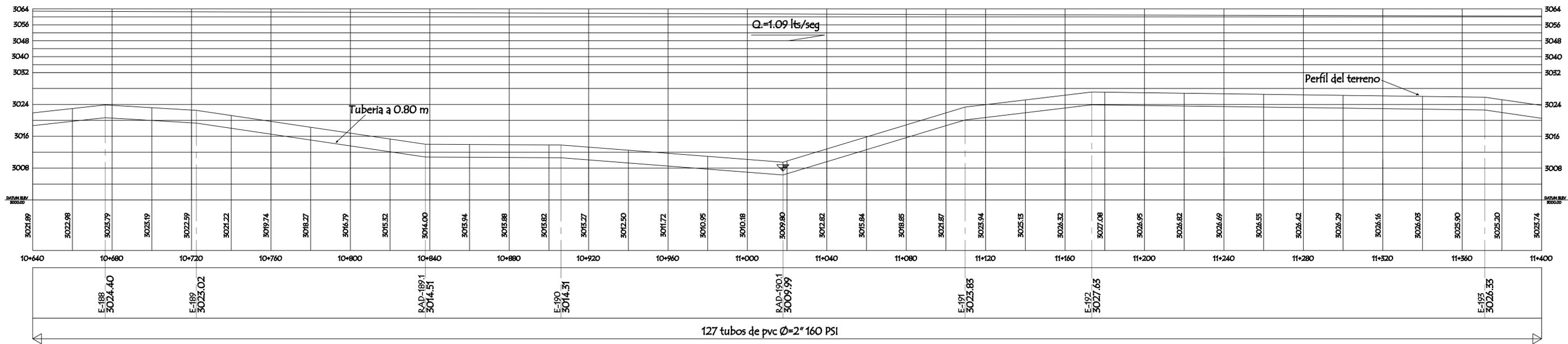
Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 10+640 A 11+400
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

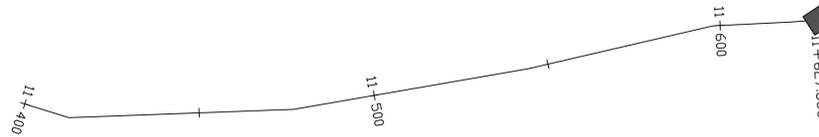
ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	15 / 34

Prof. Francisco Tambriz
 Alcalde Municipal

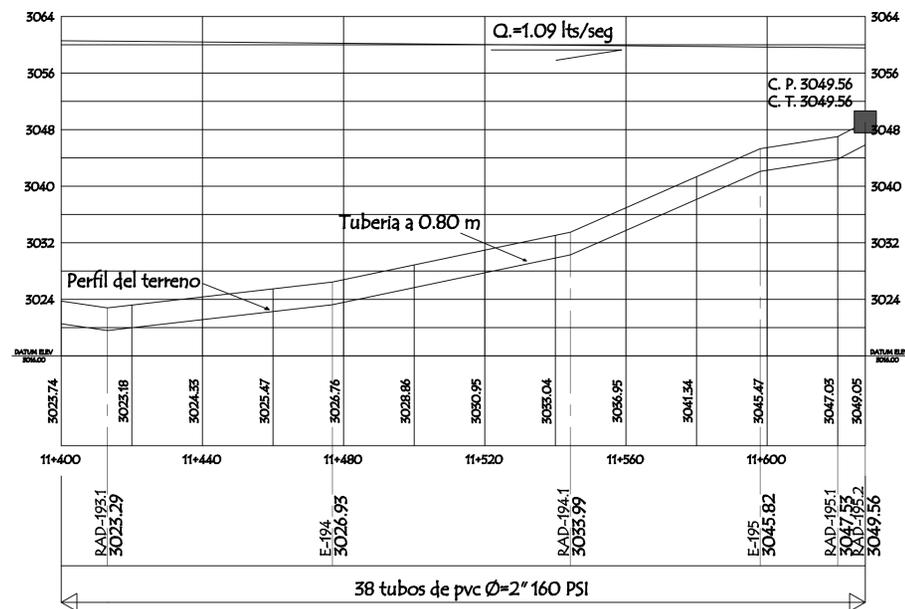
Ing. Angel Sic Garcia
 Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANUJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 11+400 A 11+627.84
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

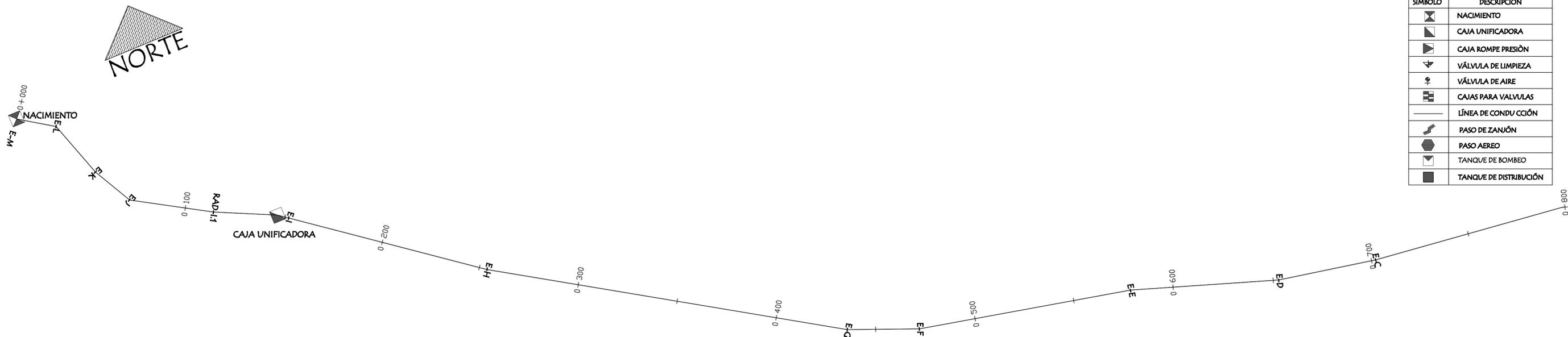
PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2008

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	16 / 34

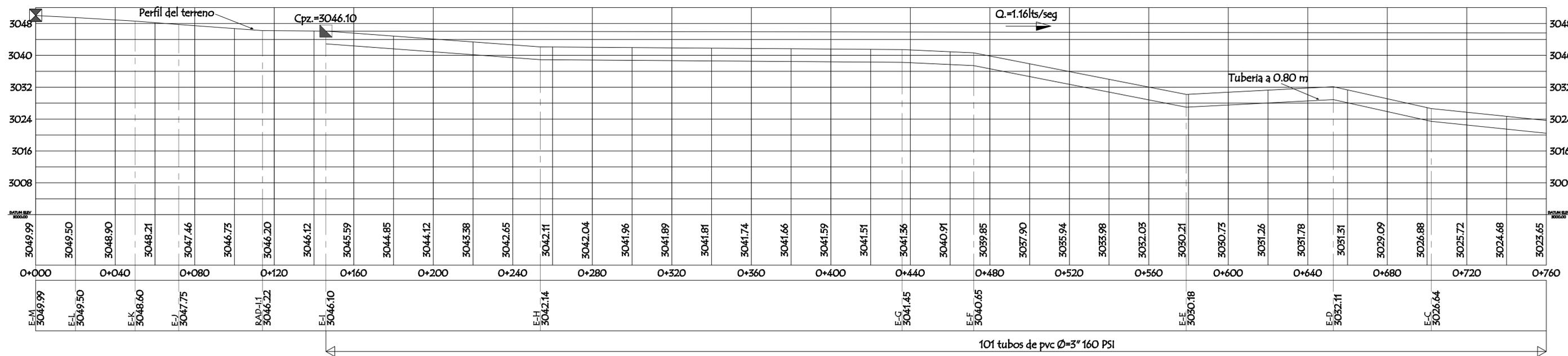
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 0+000 A 0+760
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTUAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC

DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES

DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES

CÁLCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES

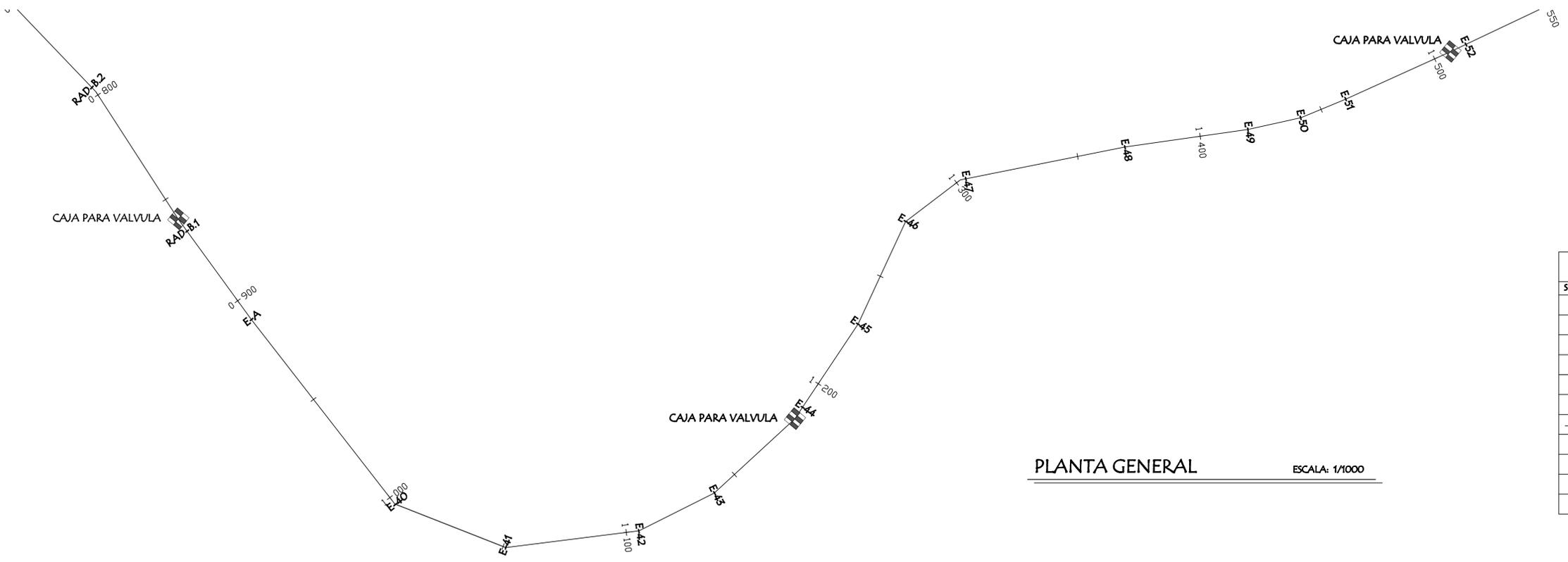
ESCALA: INDICADA

FECHA: ABRIL / 2009

HOJA No. 17 / 34

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

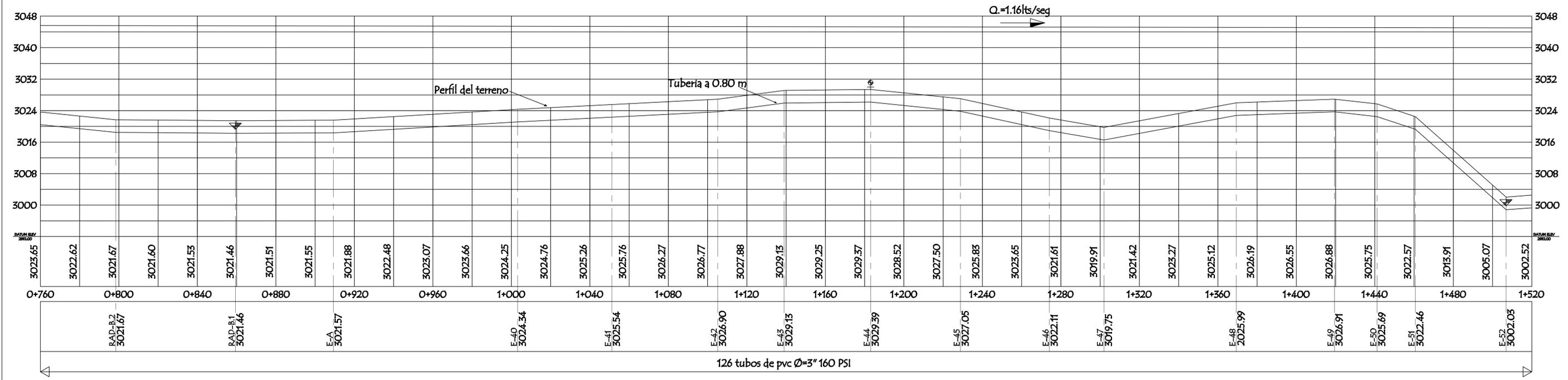
Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANUJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 0+760 A 1+520

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



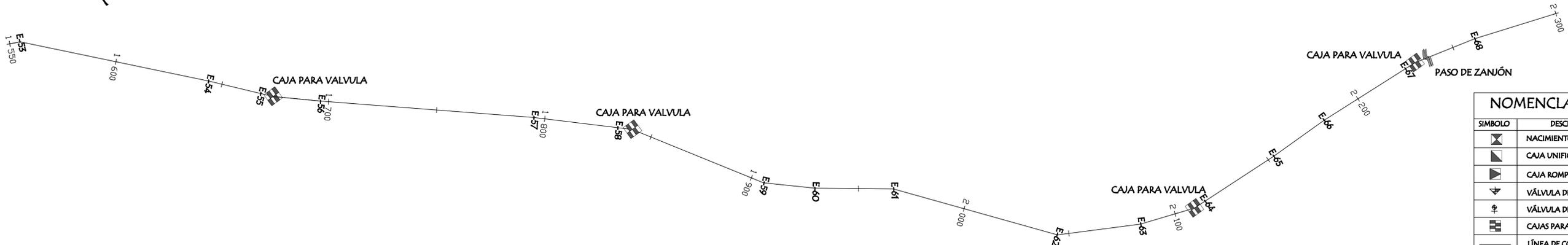
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 18 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

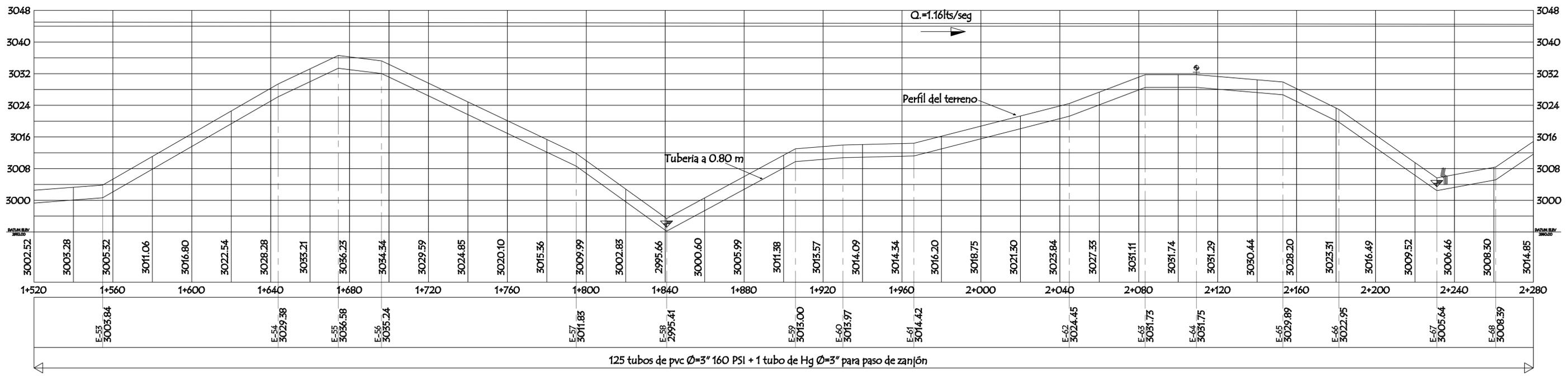
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANIÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 1+520 A 2+280
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

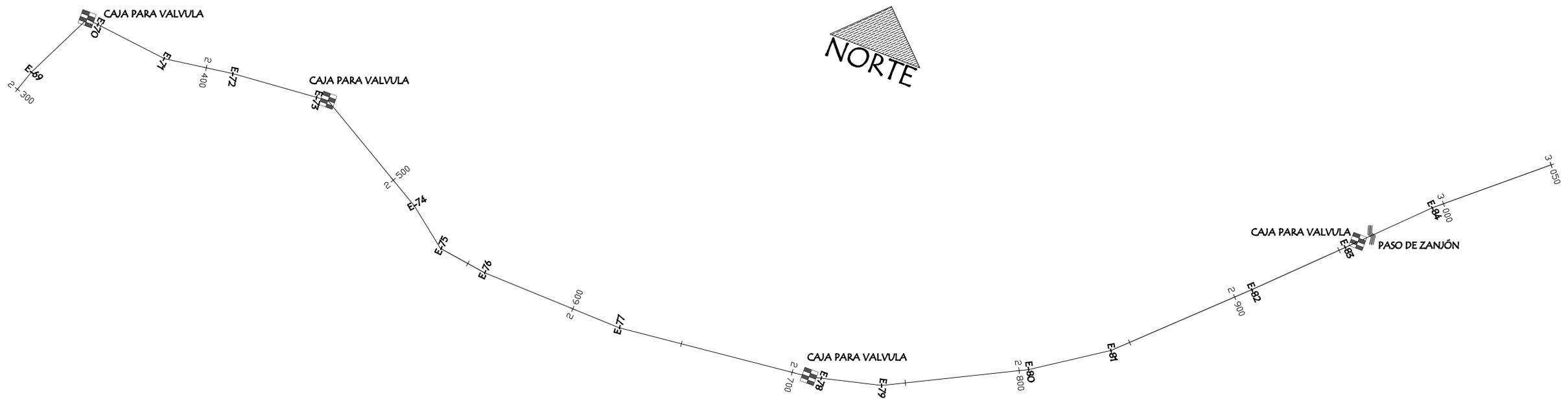
PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 19 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

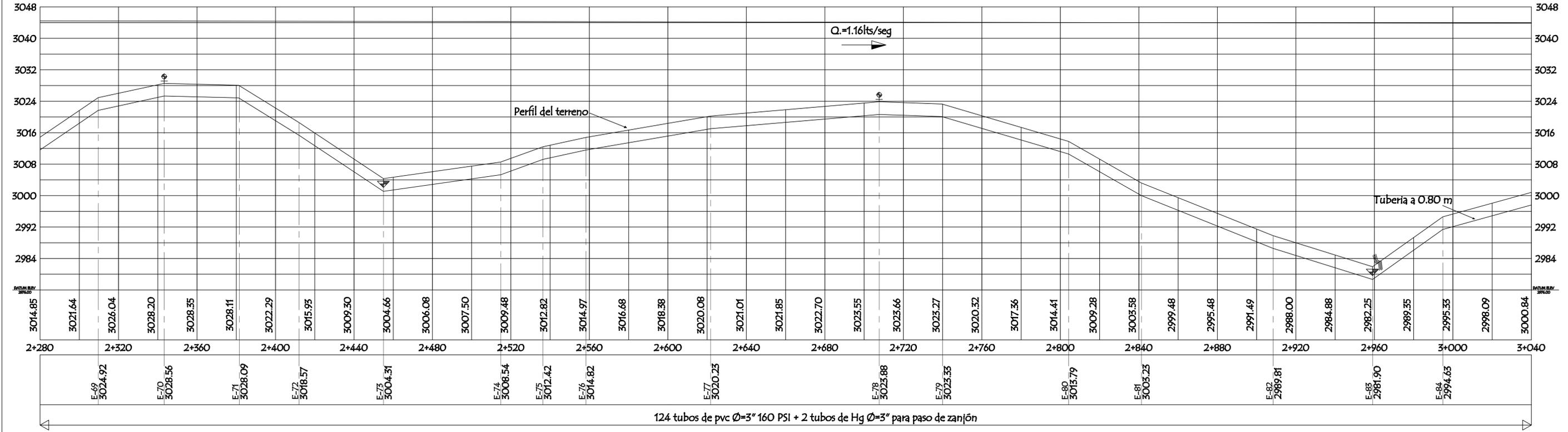
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 2+280 A 3+040
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



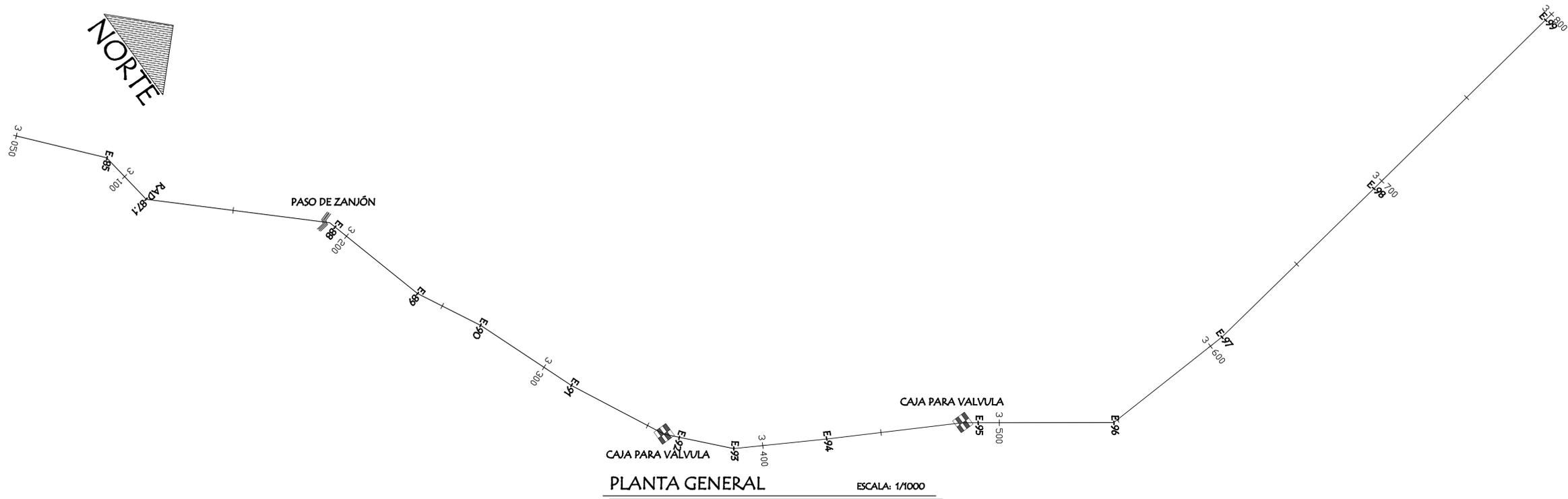
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTHUAHACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

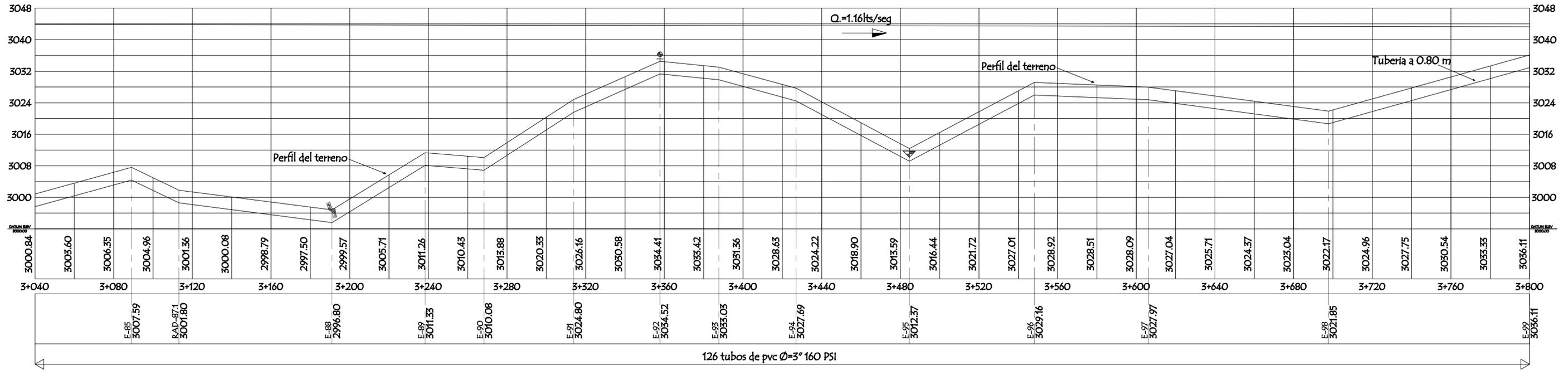
ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 20 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

Prof. Francisco Tambriz
 Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
 Asesor



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



DE CAMINAMIENTO 3+040 A 3+800

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



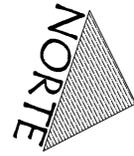
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 21 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

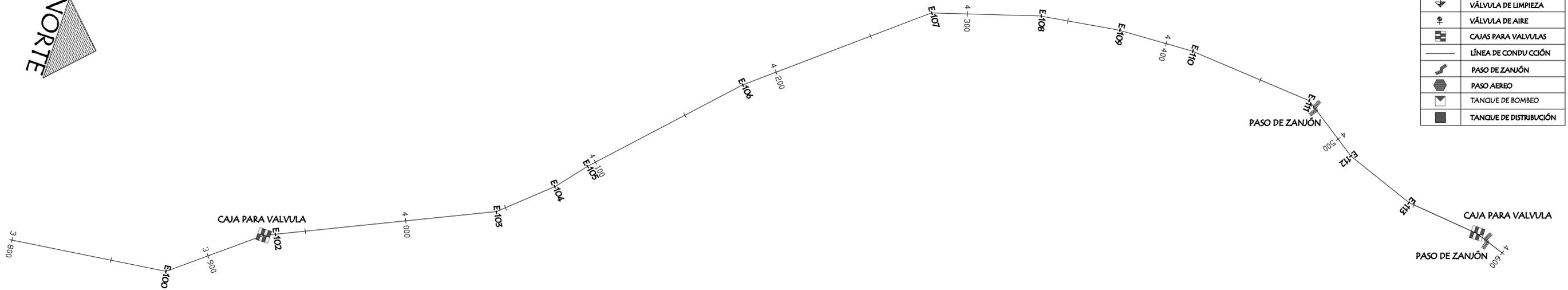
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor

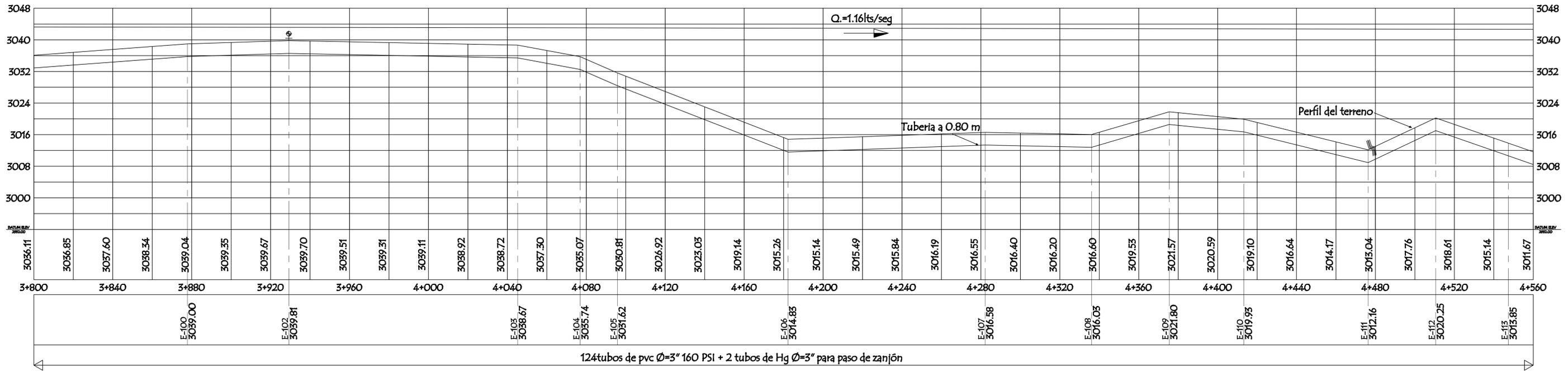


NOMENCLATURA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 3+800 A 4+560
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500

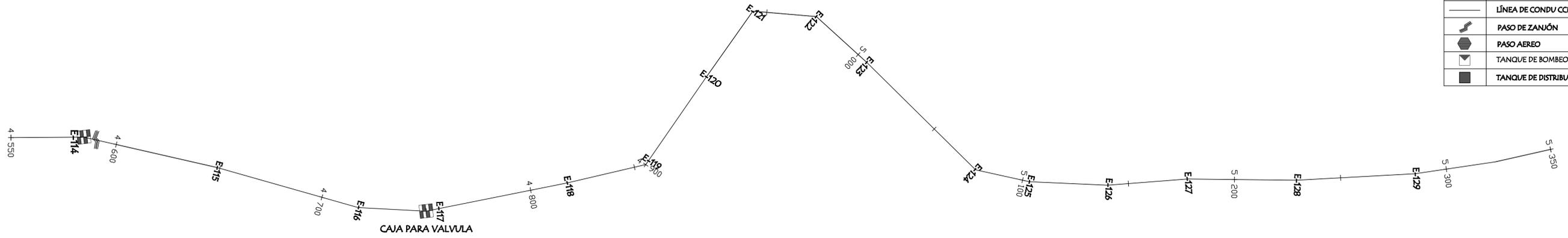
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ	
		PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL		FECHA: ABRIL / 2009	
ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 22 / 34	
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES		

Prof. Francisco Tambriz
 Alcalde Municipal

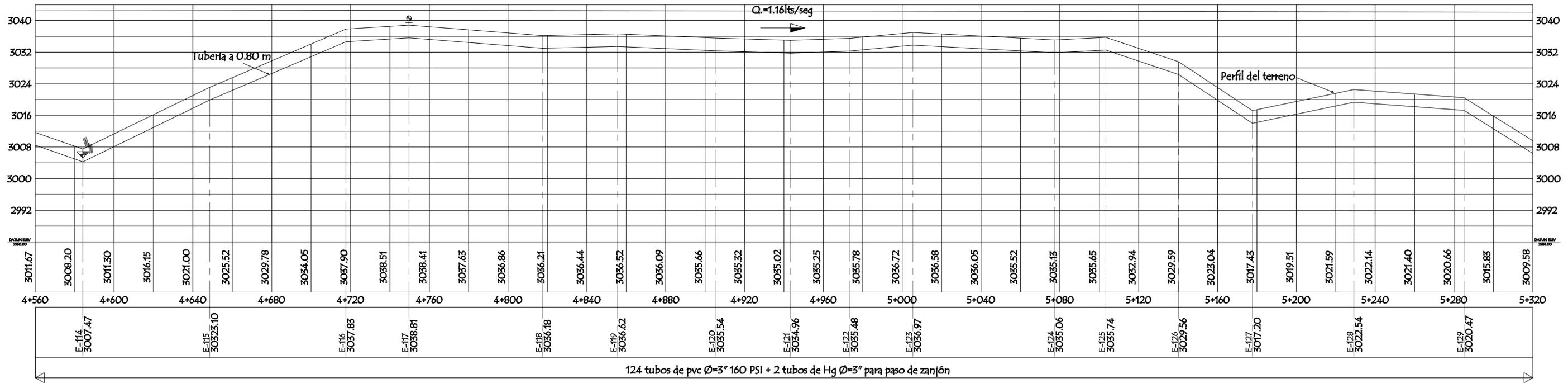
Ing. Angel Sic Garcia
 Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



124 tubos de pvc Ø=3" 160 PSI + 2 tubos de Hg Ø=3" para paso de zanjón

DE CAMINAMIENTO 4+560 A 5+320

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



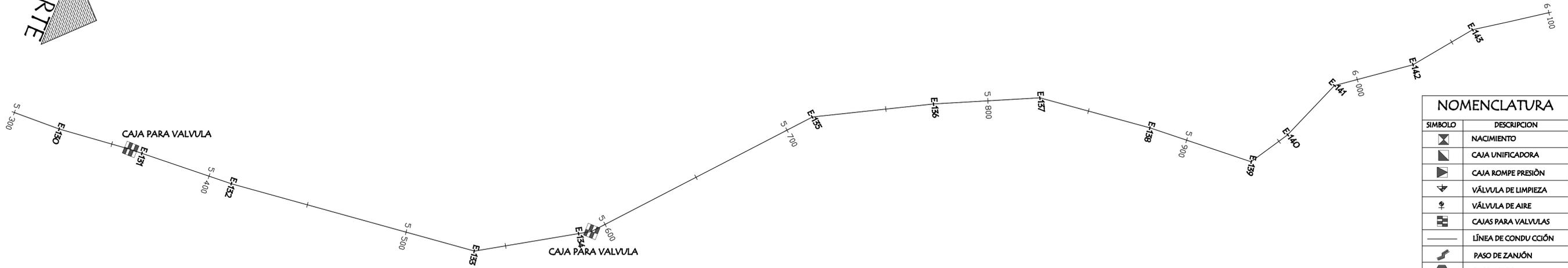
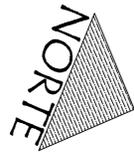
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTUAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 23 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

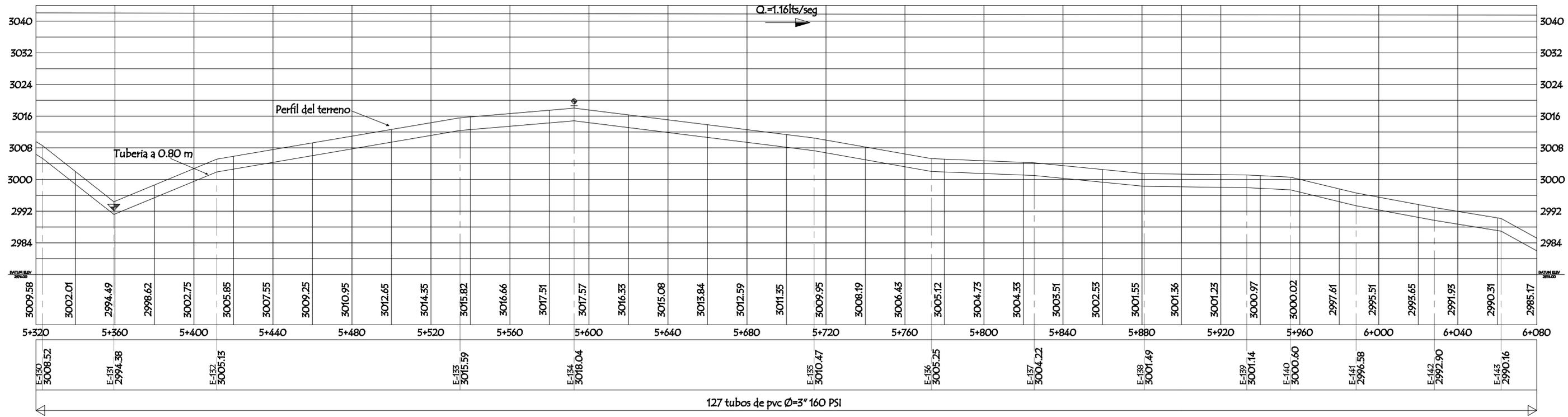
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANUJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 5+320 A 6+080
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



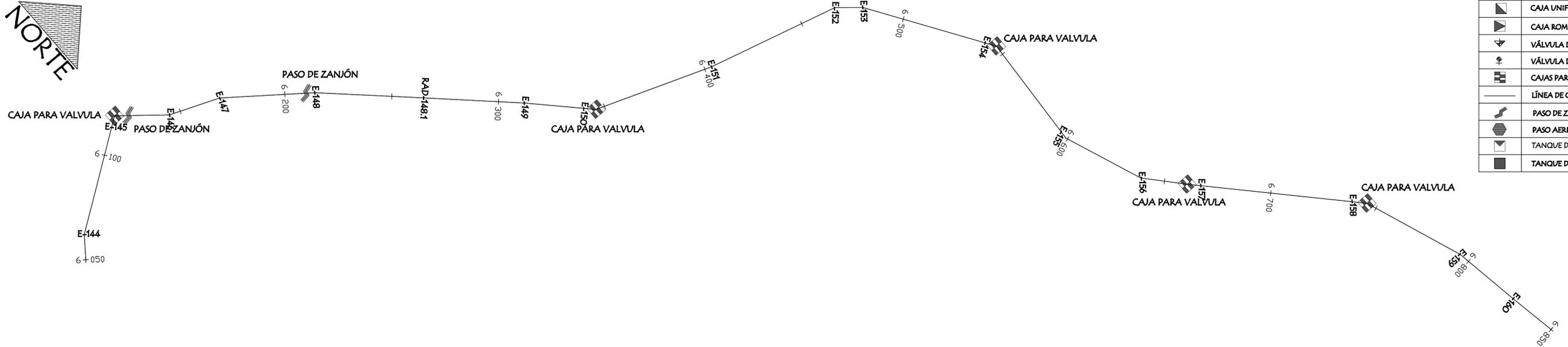
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 24 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

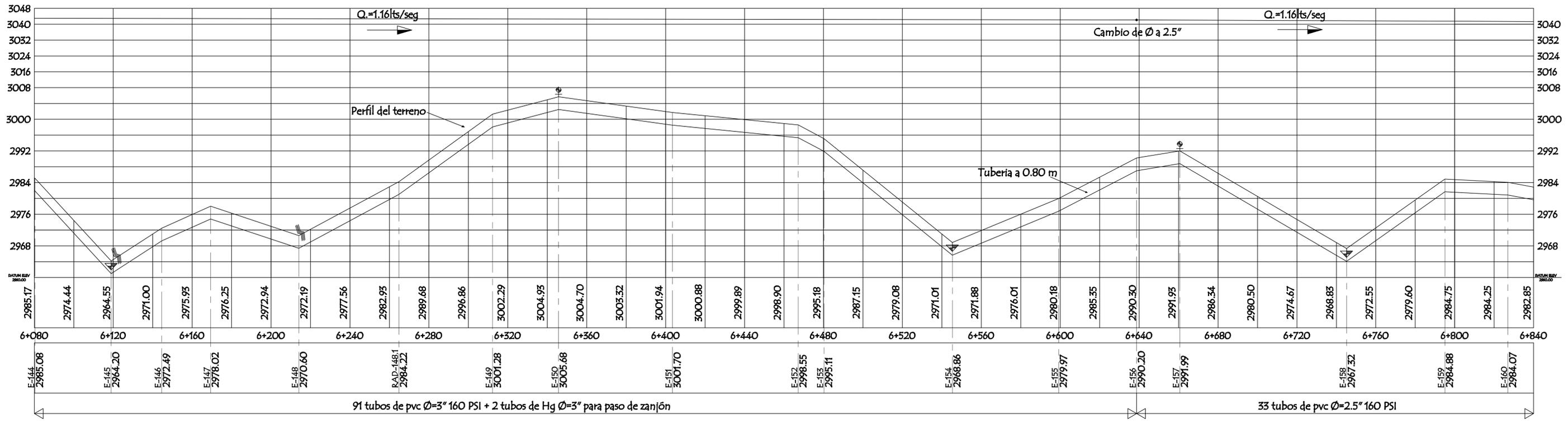
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000

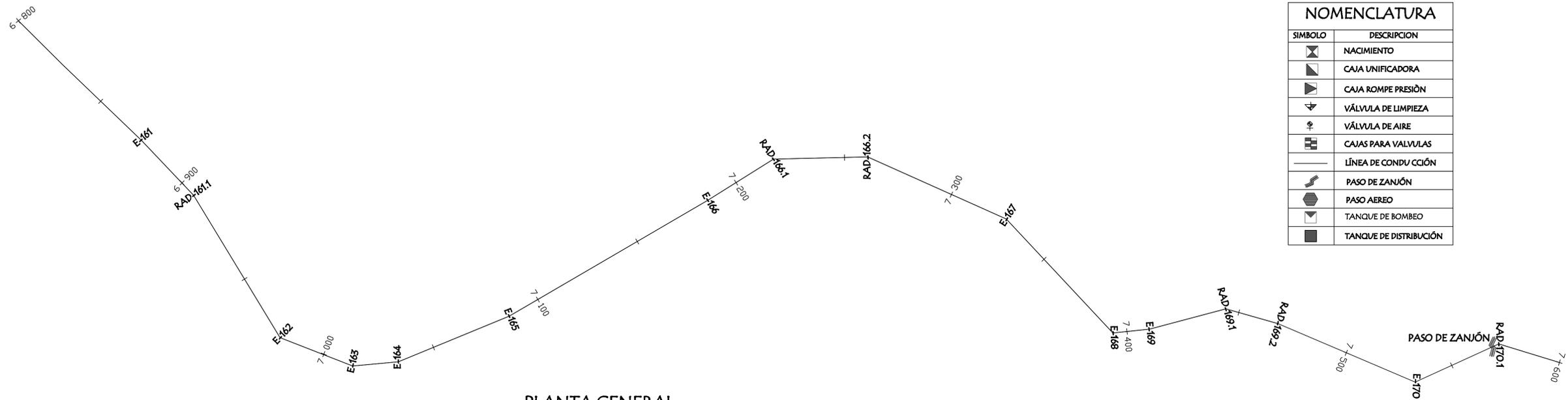


DE CAMINAMIENTO 6+800 A 6+840
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTUAHUACÁN, SOLOLÁ	
		PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL		FECHA: ABRIL / 2009	
ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.	
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	25 / 34	

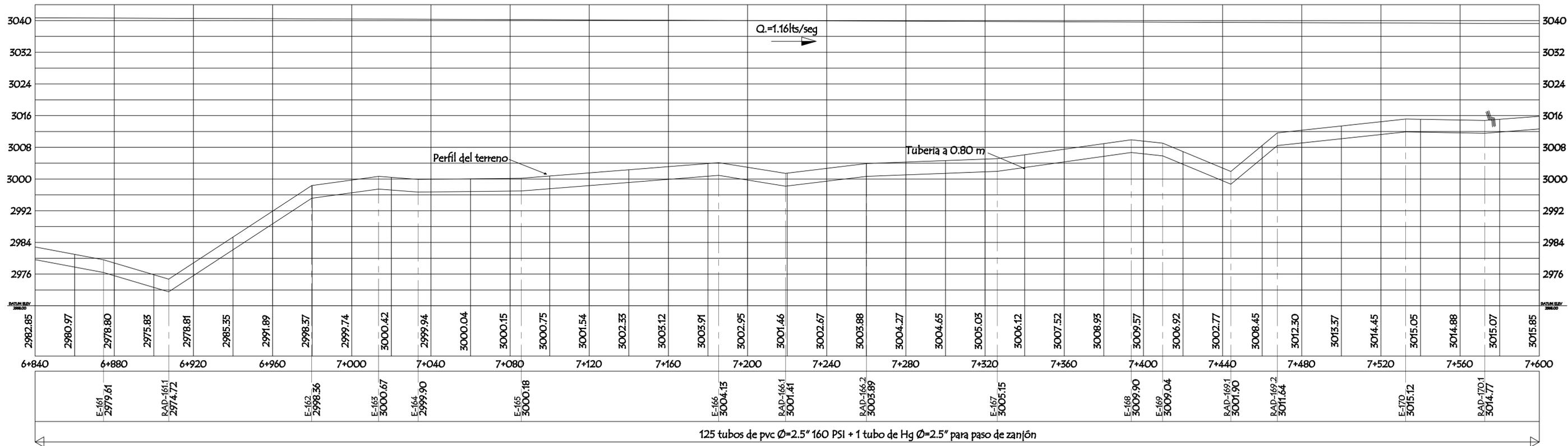
Prof. Francisco Tambriz
 Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
 Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



125 tubos de pvc Ø=2.5" 160 PSI + 1 tubo de Hg Ø=2.5" para paso de zanjón

DE CAMINAMIENTO 6+840 A 7+600

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



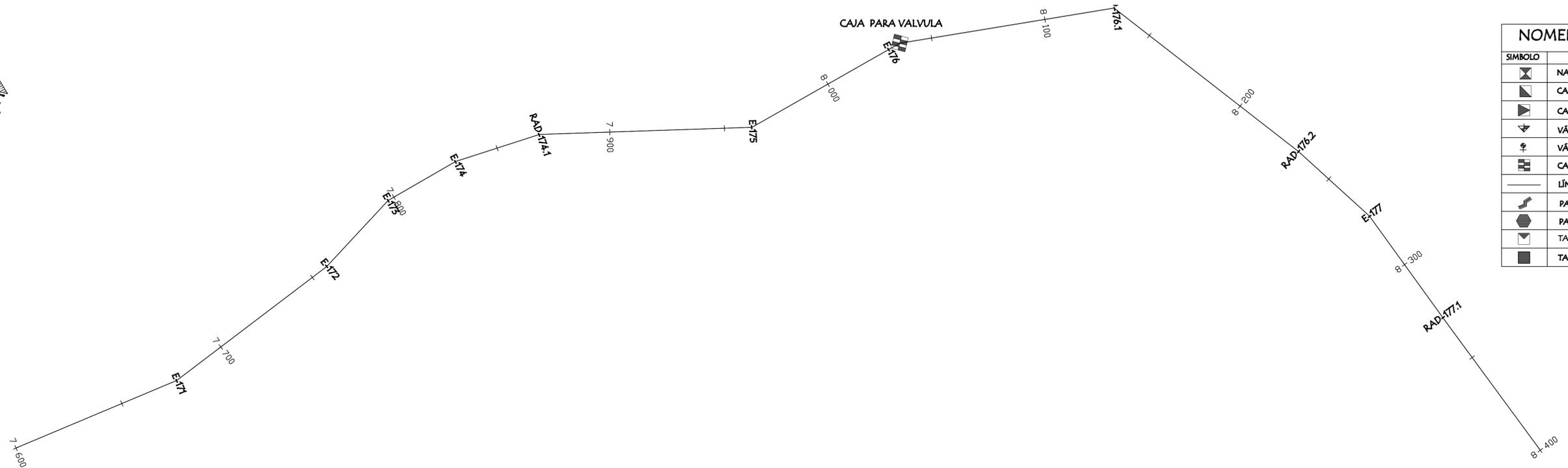
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 26 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

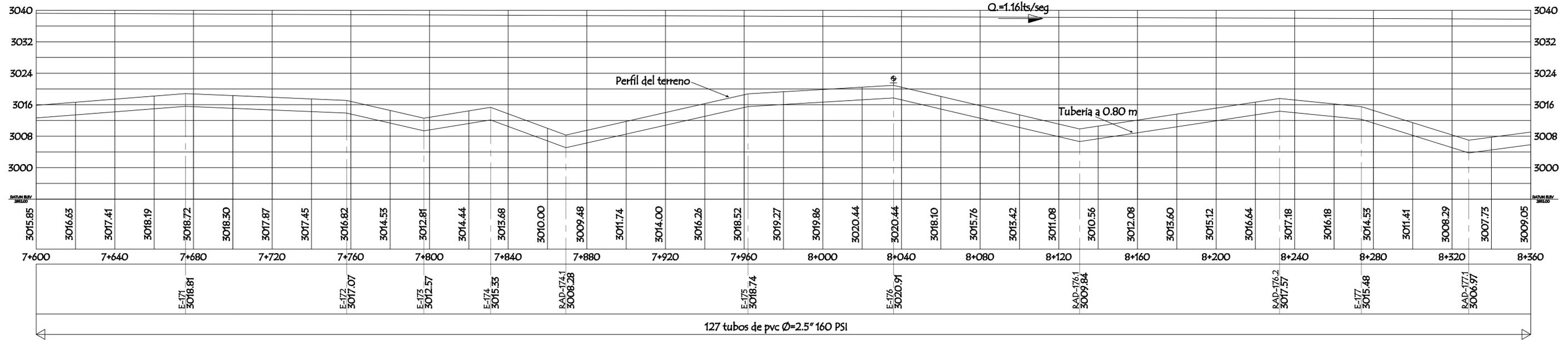
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 7+600 A 8+360

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



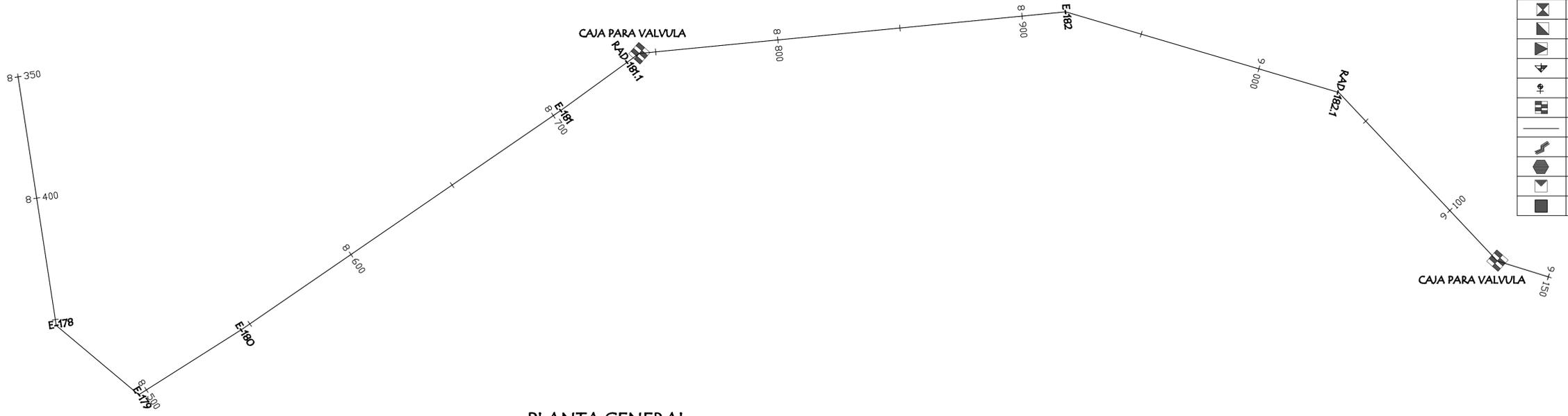
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	27 / 34

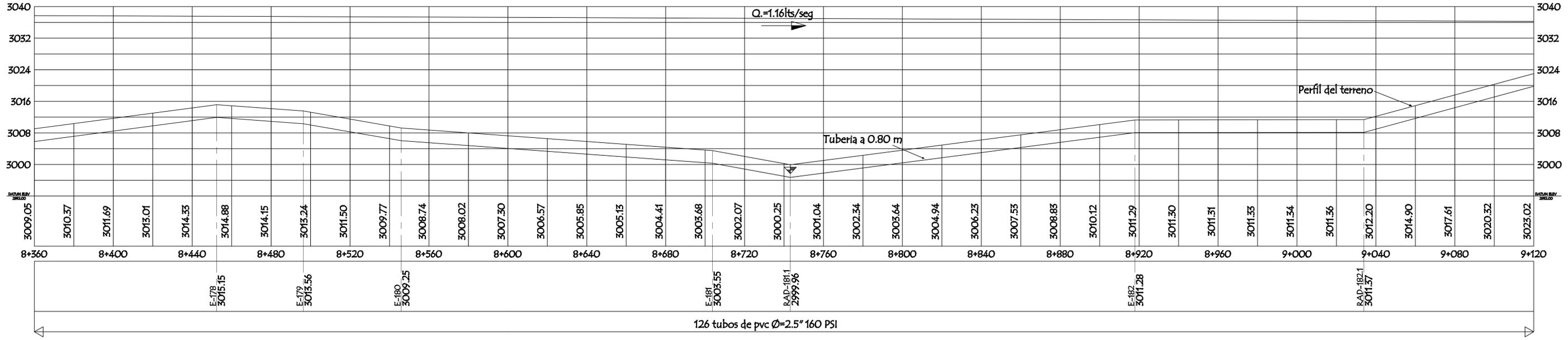
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 8+360 A 9+120
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



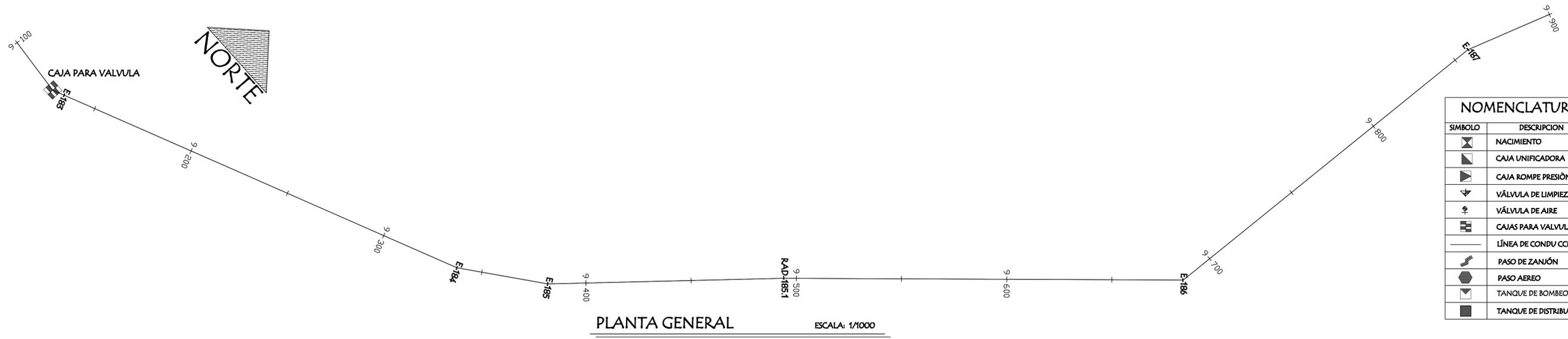
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

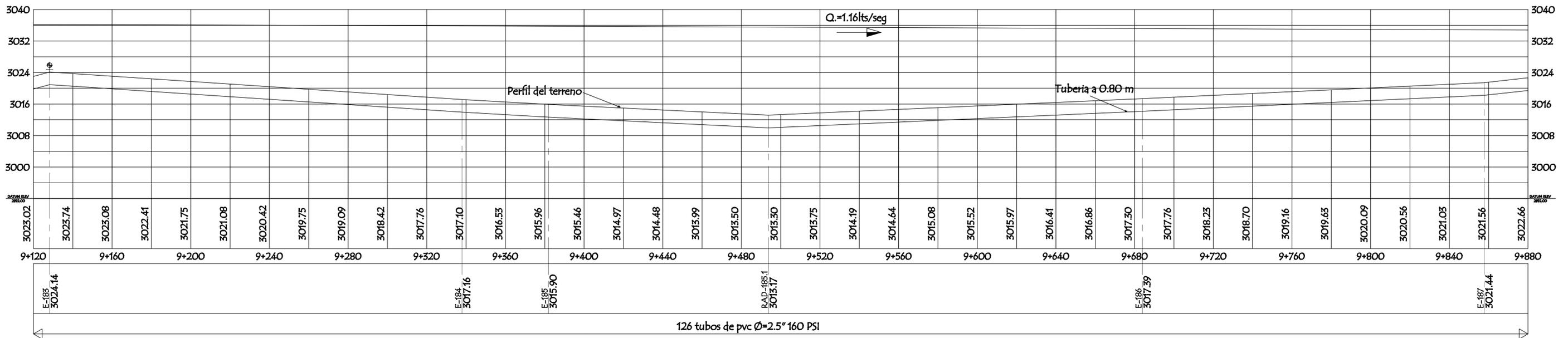
ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 28 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



DE CAMINAMIENTO 9+120 A 9+880

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



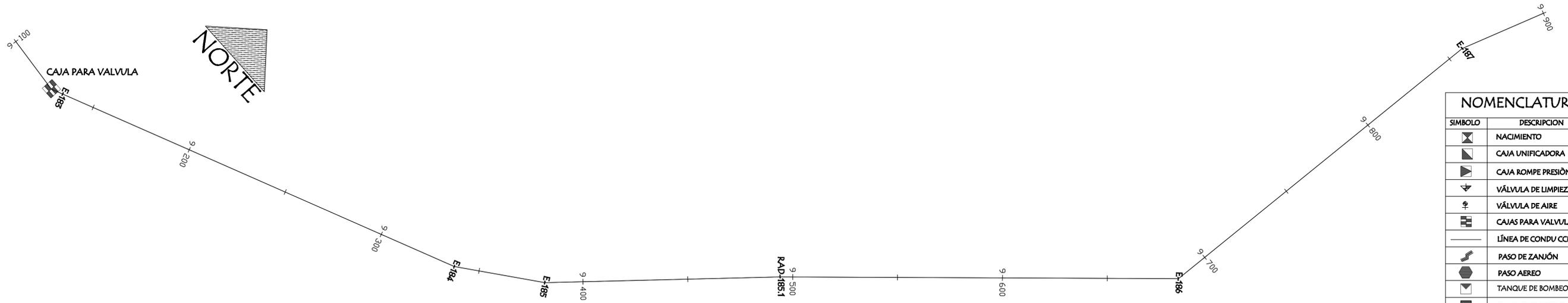
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 29 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

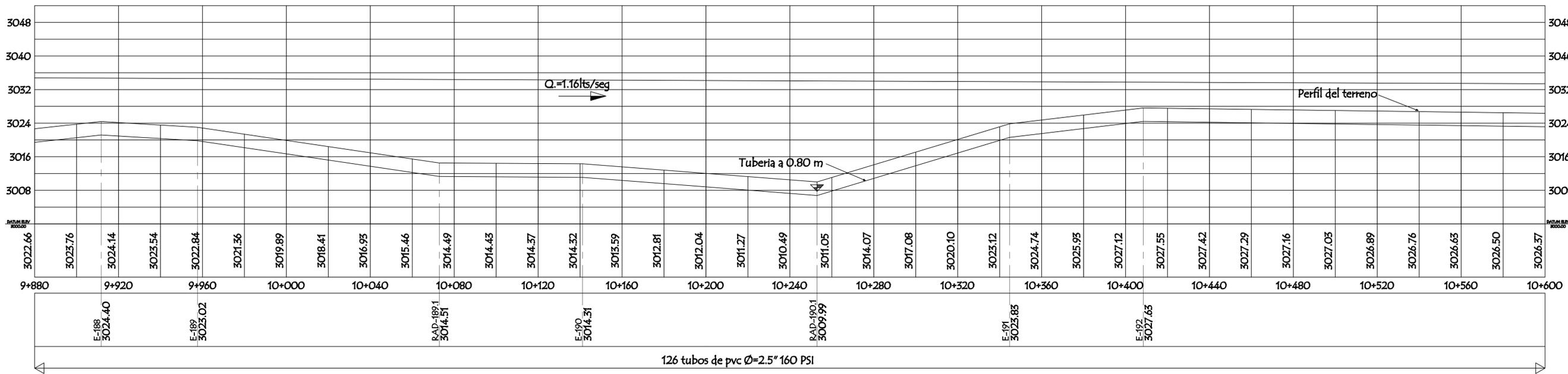
Prof. Francisco Tambriz
 Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
 Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 9+880 A 10+600
 ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
 ESCALA VERTICAL: 1/500



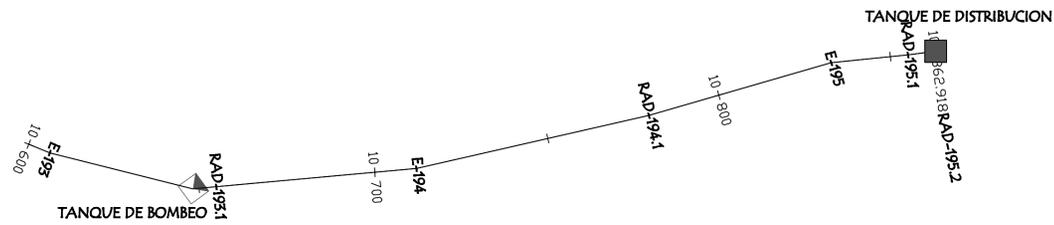
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No. 30 / 34
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	

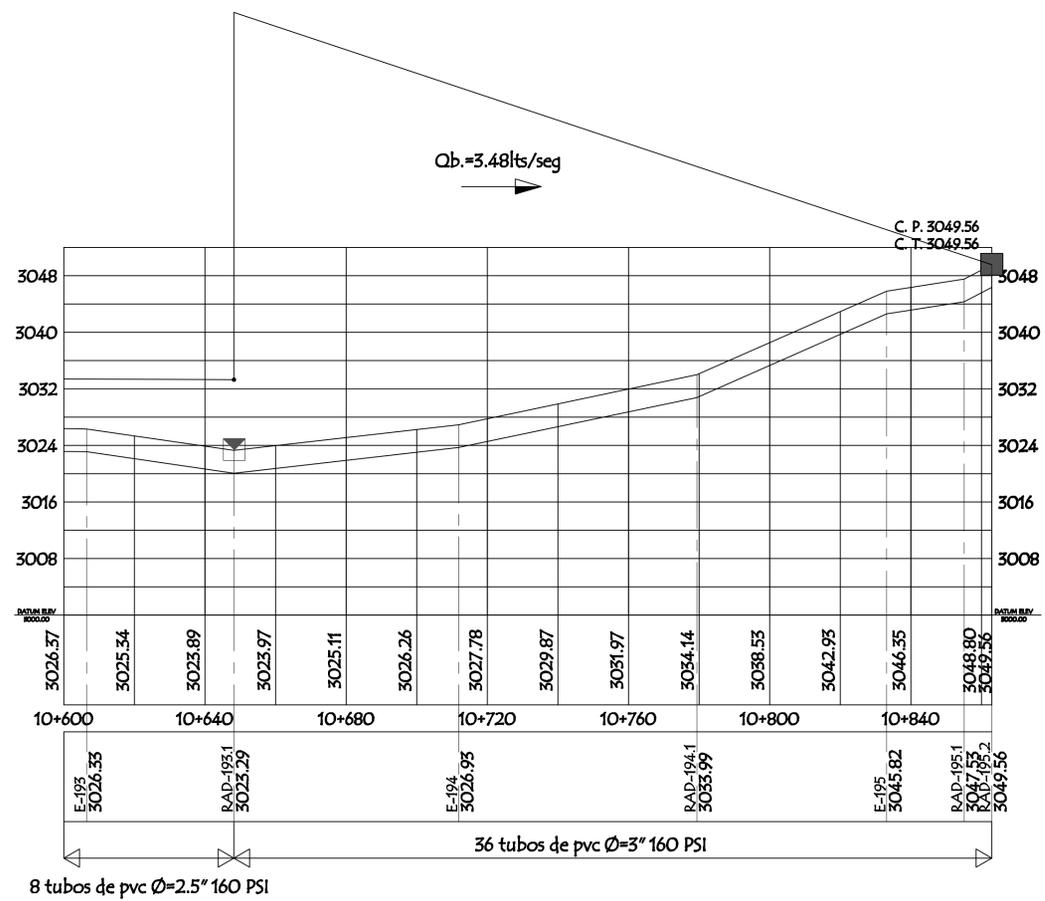
Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VÁLVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

PLANTA GENERAL ESCALA: 1/1000



DE CAMINAMIENTO 10+600 A 10+862.92

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000
ESCALA VERTICAL: 1/500



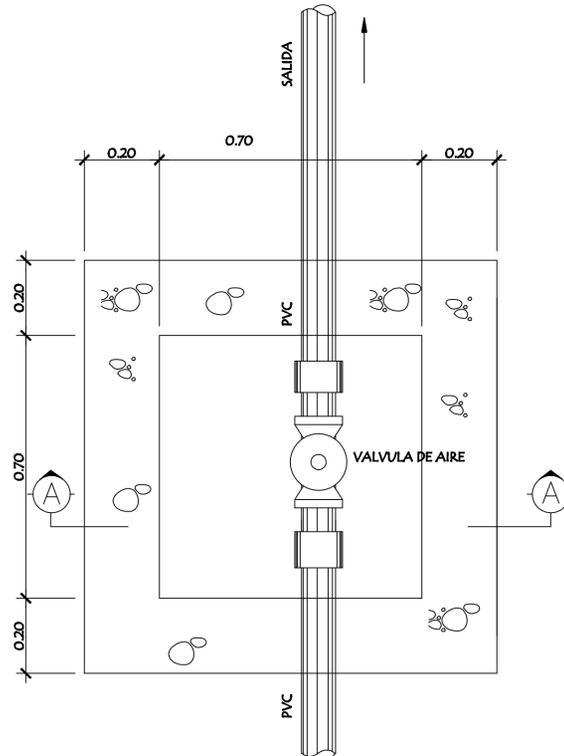
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA - PERFIL	FECHA: ABRIL / 2009

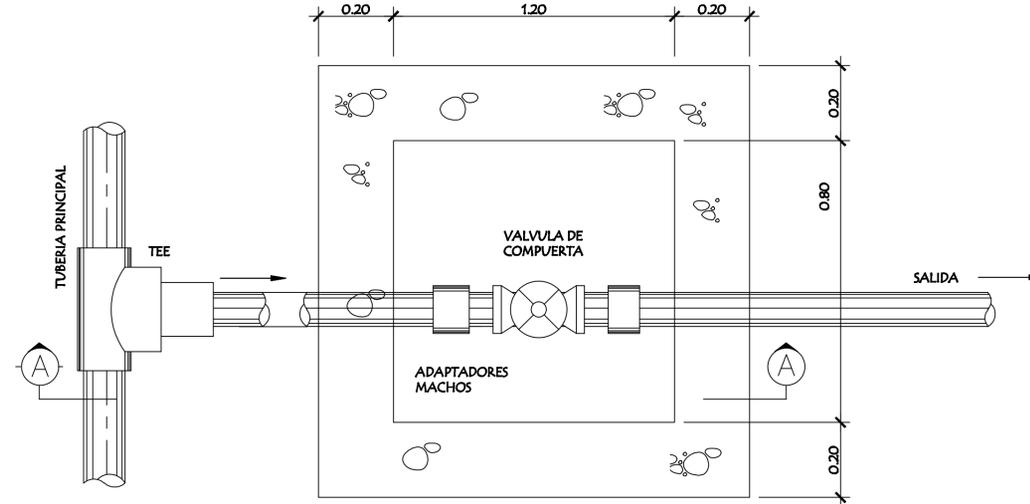
ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	31 / 34

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

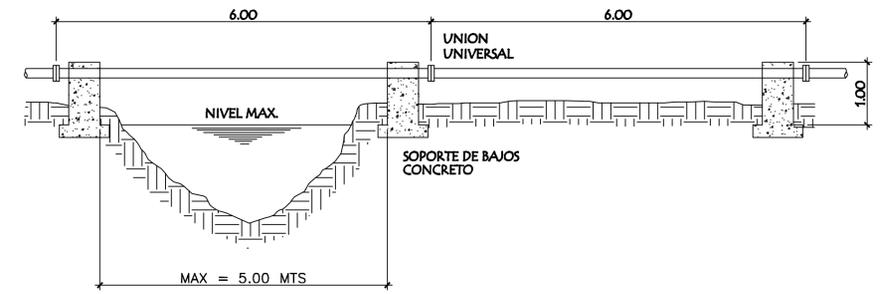
Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



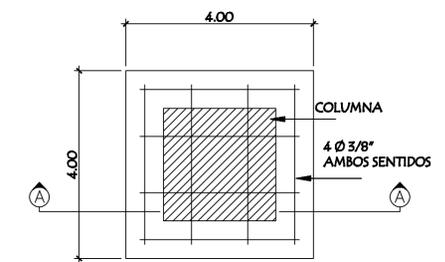
VALVULA DE AIRE ESCALA 1:12.5



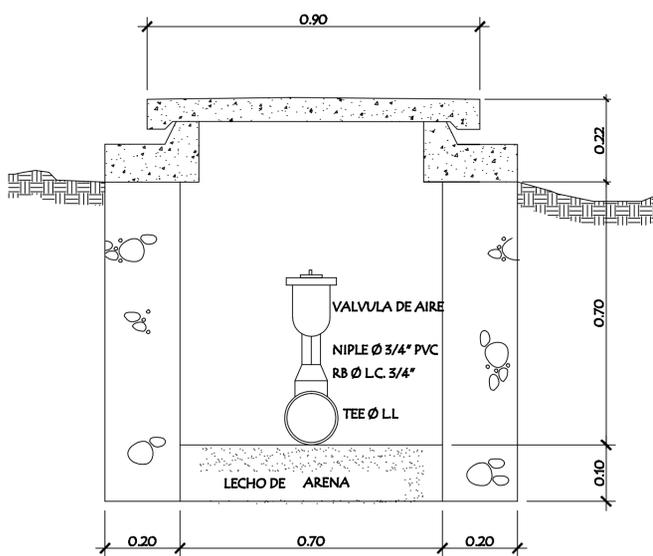
VALVULA DE LIMPIEZA ESCALA 1:12.5



TIPO "B" ESC. 1:75

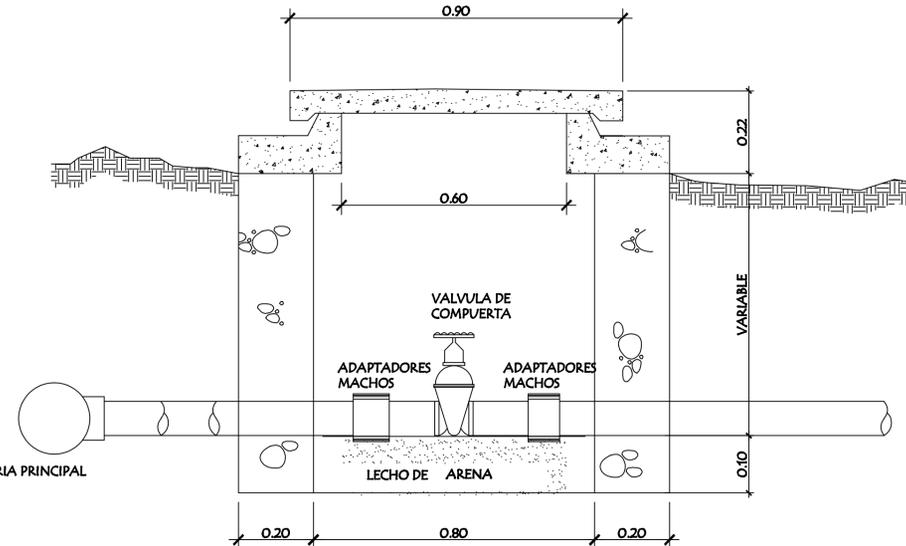


PLANTA DE ZAPATA ESC. 1:20



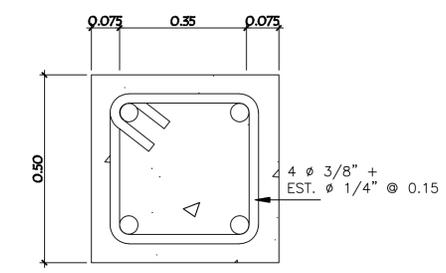
VALVULA DE AIRE SECCIÓN A-A

ESCALA 1:12.5



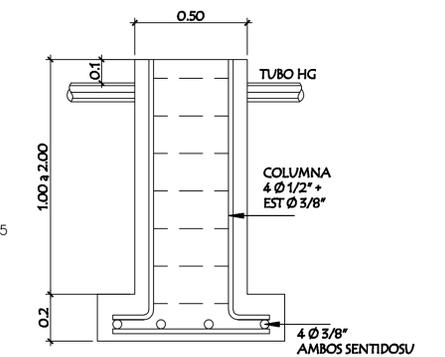
VALVULA DE LIMPIEZA SECCION A-A

ESCALA 1:12.5



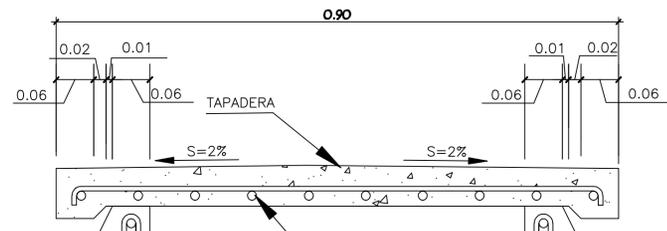
COLUMNA C-1

ESC. 1:25



SECCION A-A

ESC. 1:20



DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:7.5

- CONCRETO: SE USARÁ CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A LA COMPRESION DE 210 KG/CM² (3,000 LBS/PUL²) A LOS 28 DIAS PARA LA FUNDICION DE LAS COLUMNAS
- ACERO DE REFUERZO: SE USARÁ REFUERZO DE GRADO 40.
- LA MAMPOSTERIA DE PIEDRA SE HARÁ DE LA SIGUIENTE MANERA:
67 % DE MORTERO
33 % DE PIEDRA BOLA
- EL MORTERO SE HARÁ EN LA PROPORCION, EN VOLUMEN 1:2 CEMENTO Y ARENA DE RIO
- EL CONCRETO SERÁ EN LA PROPORCION, EN VOLUMEN 1:2:3 CEMENTO, ARENA DE RIO Y PIEDRIN DE 1/2" RESPECTIVAMENTE.
- SE REPELLARÁ EL INTERIOR Y EXTERIOR CON SABIETA: PROPORCION VOLUMEN 1:2, CEMENTO, ARENA DE RIO RESPECTIVAMENTE CON UN RECUBRIMIENTO MINIMO DE 1.5 CMS.
- EN LAS TAPADERAS SE DEJARÁ UN DESNIVEL NECESARIO PARA DRENAR EL AGUA DE LLUVIA.
- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERÁ SER PERFECTAMENTE APISONADO.
- SE REALIZARÁ UN ALIZADO INTERIOR DE CEMENTO Y ARENA DE RIO EN PROPORCION 1:1 PARA IMPERMEABILIZAR LAS PAREDES INTERNAS DE LA CAJA.

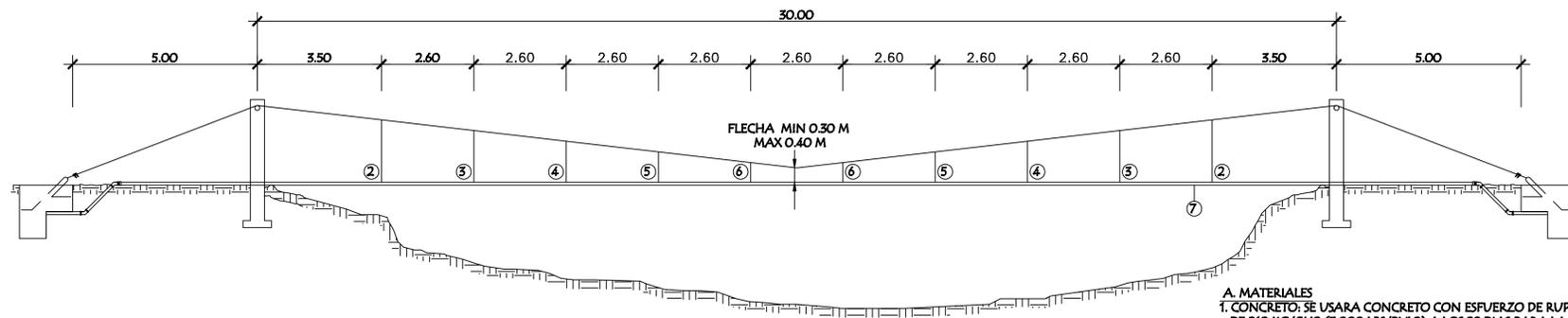


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABSTECIMIENTO DE AGUA	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: CAJAS DE VALVULAS Y PASO DE ZANUÓN	FECHA: ABRIL / 2008
ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES
HOJA No. 32 / 34	

Prof. Francisco Tumbetz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor

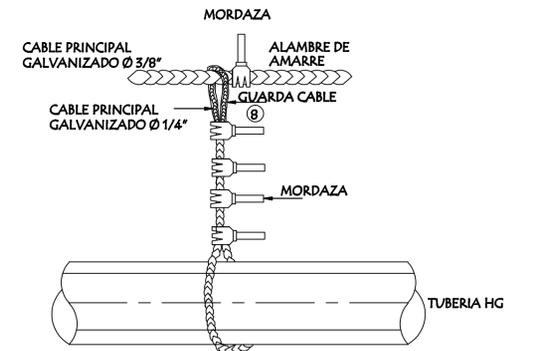


ELEVACION PASO AEREO 30.00 M. DE LUZ

ESC. 1:125

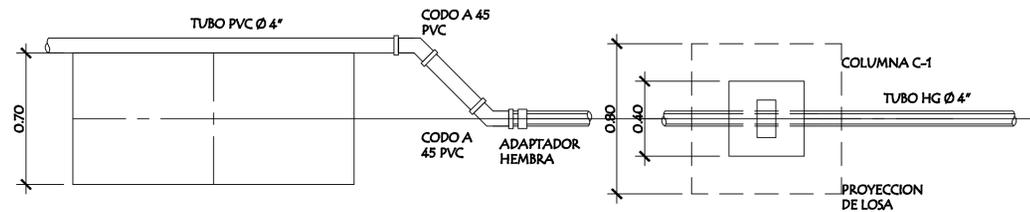
- A. MATERIALES**
- 1- CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A LA COMPRESION DE 210 KG/CM² (3,000 LBS/PUL²) A LOS 28 DIAS PARA LA FUNDICION DE LAS COLUMNAS
 - 2- ACERO DE REFUERZO: SE USARA REFUERZO DE GRADO 40.
 - 3- CABLE DE ALAMBRE: SE USARA CABLE DE ACERO MEJORADO COMPUESTO DE CORDONES DE 19 ALAMBRES POR CORDON CON ALMA DE ACERO CON UN DIAMETRO SEGUN PARA CADA CASO LA RESISTENCIA A LA RUPTURA SERA SEGUN PARA CABLE Ø 3/8" TONELADAS, PARA CABLE DE Ø 1/2" : 10.5 TONELADAS Y PARA CADA CALBE Ø 5/8" 16.6 TONELADAS

- B. VARIOS**
- 4- EL NIVEL DEL CIMIENTO DE LAS ZAPATAS DEBERAN SER DEL MISMO PARA AMBAS COLUMNAS Y ESTAS ULTIMAS QUEDARAN PERFECTAMENTE
 - 5- LA ESTRUCTURA HA SIDO CALCULADA PARA UN SUELO CUYA CAPACIDAD DE SOPORTE NO SEA MENOR DE 5.0 TONELADAS POR METRO CUADRADO
 - 6- EL RECLUBRIMIENTO EN LAS COLUMNAS Y ZAPATAS SERA DE 4.0 Y 7.5 mm, RESPECTIVAMENTE Y ESTE SE MEDIRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
 - 7- LAS MORDAZAS DE EMPALME SE DEBERAN COLOCAR DE MODO QUE LA BASE DE LA MORDAZA SE HALLE EN CONTACTO CON LA PROLONGACION DEL CABLE.
 - 8- EL PUENTE HA SIDO DISEÑADO PARA EL USO EXCLUSIVO DEL PASO DE LA TUBERIA.
 - 9- A LOS GANCHOS DE ANCLAJE SE LES DEBERAN APLICAR DOS MANOS DE PINTURA ANTICORROSIVA.
 - 10- TODAS LAS DIMENSIONES DADAS EN METROS.
 - 11- TODOS LOS EXTREMOS DEL CABLE DEBERAN PROTEGERSE CON 8 A 10 VUELTAS DE ALAMBRE GALBANIZADO.
 - 12- SI EL TERRENO TIENE PENDIENTE, LA LOCALIZACION DEL MUERTO ESTARA DEFINIDA CONSIDERANDO QUE EL CABLE TIENE UNA INCLINACION CON RELACION 1. VERTICAL 2. HORIZONTAL



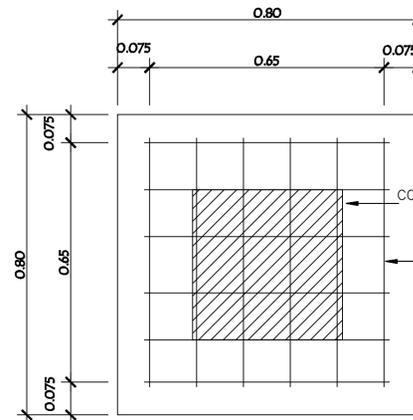
DETALLE DE SUSPENSIONE

SIN ESC.



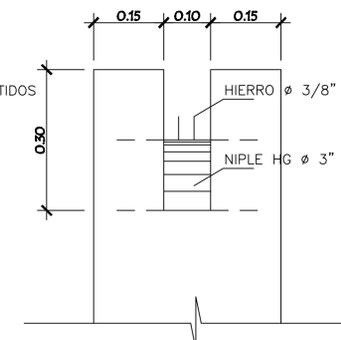
PLANTA ANCLAJE PARA PASO AEREO

ESC. 1:25



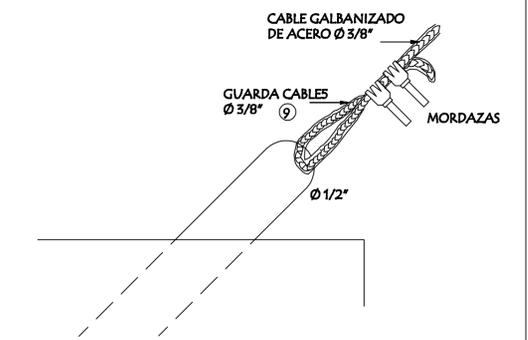
PLANTA DE ZAPATA

ESC. 1:15



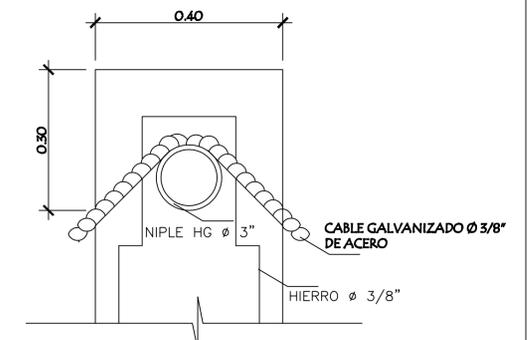
VISTA LATERAL

ESC. 1:10



DETALLE DE ANCLAJE

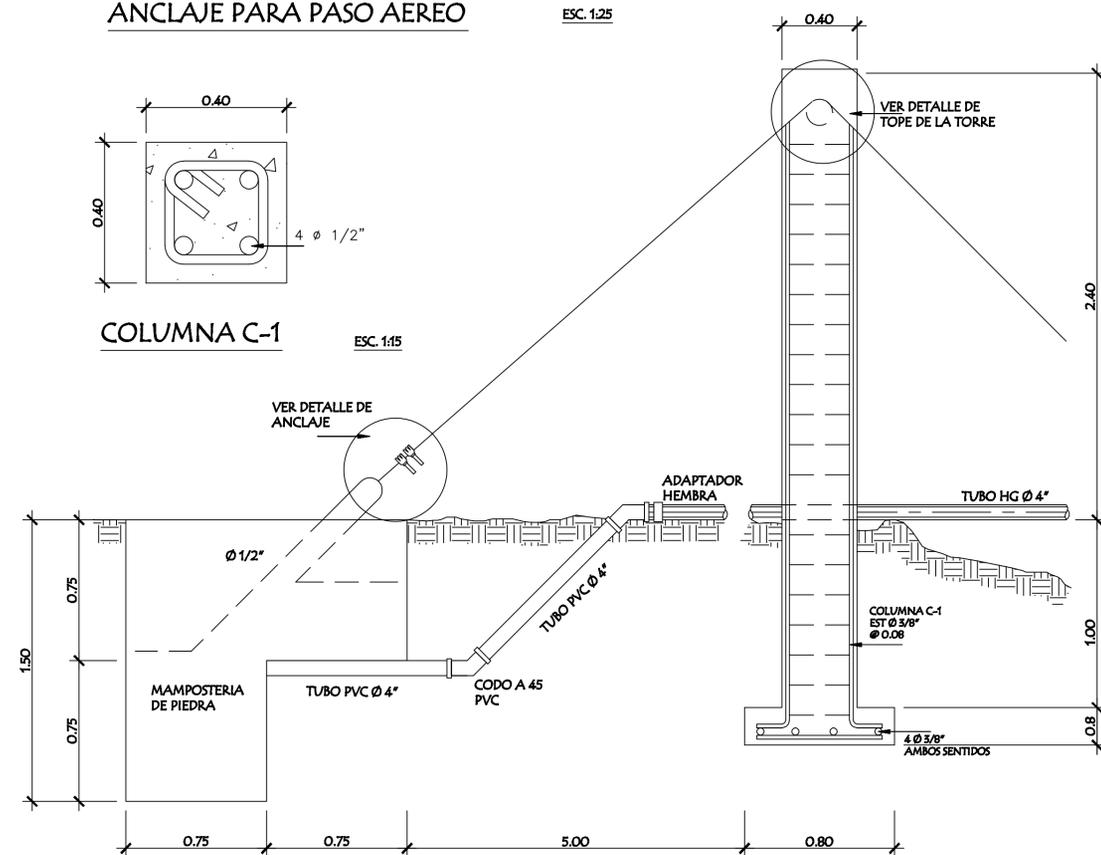
SIN ESC.



CORTE DE TOPE

ESC. 1:10

DETALLE DE TOPE DE LA TORRE



ELEVACION ANCLAJE PARA PASO AEREO

ESC. 1:25

No	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	CABLE TIRANTE L- 48m Ø 3/8"
2	2	CABLE DE SUSPENSION L - 3.4 m. Ø 1/4"
3	2	CABLE DE SUSPENSION L - 2.8 m. Ø 1/4"
4	2	CABLE DE SUSPENSION L - 2.2 m. Ø 1/4"
5	2	CABLE DE SUSPENSION L - 1.6 m. Ø 1/4"
6	2	CABLE DE SUSPENSION L - 1.0 m. Ø 1/4"
7	6	TUBO HG Ø L - 36 m.
8	10	GUARDA CABLE Ø 1/4"
9	2	GUARDA CABLE Ø 3/8"

NOTA

CUANDO LA PROFUNDIDAD DEL ZANJON ES MAYOR DE 20.00 MTS. SE DEBERA COLOCAR CABLE ROMPE VIENTO.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTHUAQUÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: DISEÑO DE LA REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
CONTENIDO: PASO AEREO
ESCALA: INDICADA
FECHA: ABRIL / 2008

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC
DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES
CALCULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES
HOJA No. 33 / 34

Prof. Francisco Tambletz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	NACIMIENTO
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA ROMPE PRESIÓN
	VÁLVULA DE LIMPIEZA
	VÁLVULA DE AIRE
	CAJAS PARA VALVULAS
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	PASO DE ZANJÓN
	PASO AEREO
	TANQUE DE BOMBEO
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN



PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/12000

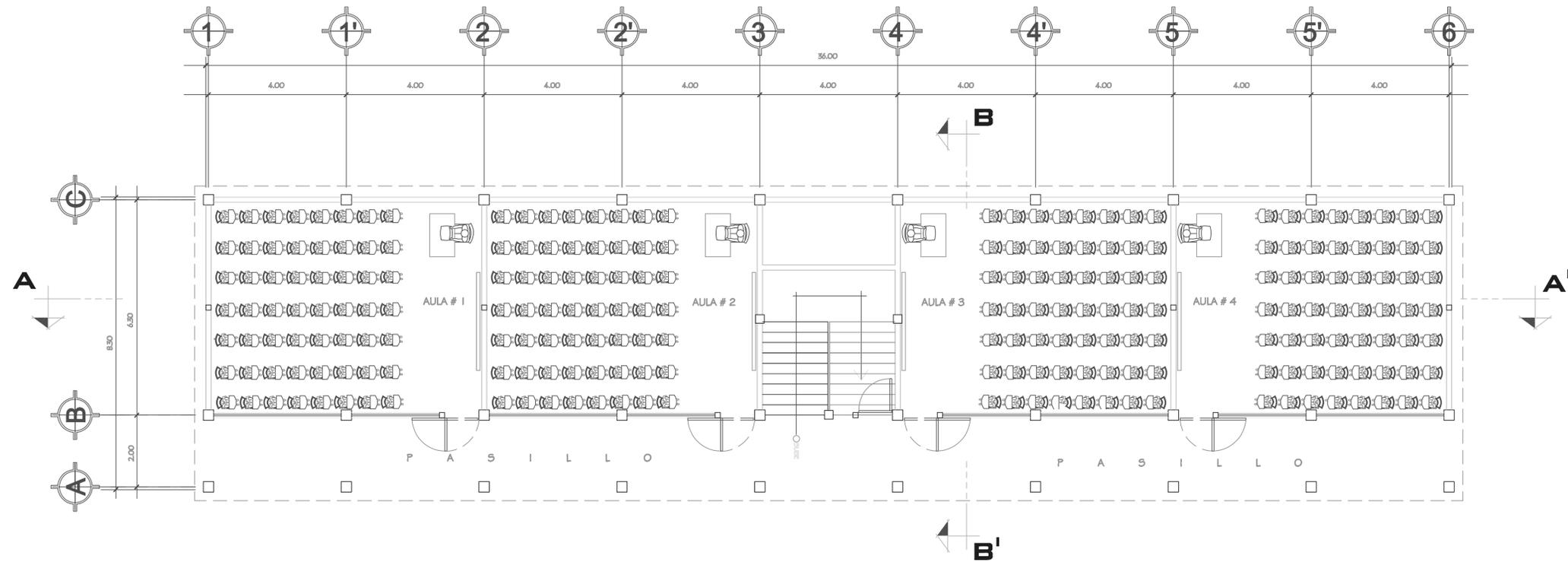
Est.	P.O.	Azimut			D.H.
		Grados	Min.	Seg.	
1	1,1	223	51	45	5,96
1	2	15	48	40	11,75
2	3	342	35	20	15,72
3	4	346	51	35	27,76
4	5	0	37	10	17,86
5	6	5	7	30	19,47
6	7	39	59	0	31,97
7	8	23	26	10	38,00
8	9	17	5	45	23,95
9	10	21	38	55	43,91
10	11	13	24	0	53,98
11	12	20	51	0	59,76
12	13	34	2	55	41,98
13	14	35	57	20	19,94
14	15	50	3	45	29,96
15	16	38	42	45	21,96
16	17	25	35	45	21,98
17	18	37	6	20	23,97
18	19	28	12	20	35,97
19	20	22	55	15	25,90
20	21	9	52	15	26,25
21	22	356	54	25	25,66
22	23	358	37	50	55,98
23	24	38	20	25	25,76
24	25	22	52	45	33,84
25	26	22	14	0	33,74
26	27	23	20	25	35,93
27	28	25	48	25	27,97
28	29	19	17	10	61,98
29	30	21	46	45	61,84
30	31	21	16	10	99,86
31	32	32	46	15	125,24
32	33	28	14	10	81,20
33	34	39	12	25	95,24
34	35	48	28	40	119,52
35	36	39	24	5	60,94
36	37	37	39	45	27,92
37	38	44	23	30	43,39
38	39	68	23	25	64,59
39	40	77	49	5	89,52
40	41	71	53	5	47,96
41	42	43	12	50	54,00
42	43	23	49	50	33,87
43	44	7	50	25	44,00
44	45	354	5	50	45,83
45	46	345	18	55	45,35
46	47	373	7	10	27,71
47	48	39	6	45	67,51
48	49	42	20	0	49,98
49	50	37	51	0	21,78
50	51	28	3	55	19,49
51	52	26	1	20	46,22
52	53	25	1	45	47,96

Est.	P.O.	Azimut			D.H.
		Grados	Min.	Seg.	
53	54	47	53	15	88,96
54	55	49	35	0	30,46
55	56	41	38	5	21,92
56	57	40	29	45	98,65
57	58	43	4	15	45,86
58	59	58	14	20	65,32
59	60	42	2	5	23,98
60	61	36	37	5	36,00
61	62	51	44	50	78,73
62	63	28	45	55	38,51
63	64	19	38	55	25,99
64	65	2	57	15	43,88
65	66	0	42	25	28,34
66	67	3	49	40	49,67
67	68	14	15	10	29,82
68	69	18	54	55	48,71
69	70	25	57	0	33,61
70	71	98	34	30	37,98
71	72	81	55	30	30,76
72	73	85	20	55	43,03
73	74	120	8	5	59,75
74	75	128	4	10	21,50
75	76	98	26	5	21,89
76	77	91	47	45	63,58
77	78	83	57	30	85,87
78	79	76	20	30	31,97
79	80	63	23	0	64,58
80	81	56	29	20	37,05
81	82	46	13	15	67,16
82	83	45	15	30	50,64
83	84	45	5	45	35,82
84	85	49	42	5	94,14
86	87	33	34	15	13,94
87	87,1	117	22	35	18,30
87	88	55	22	10	84,68
88	89	74	56	50	47,38
89	90	62	58	55	29,89
90	91	69	36	25	45,65
91	92	63	48	50	43,91
92	93	47	49	20	29,92
93	94	30	15	40	39,22
94	95	29	19	45	57,68
95	96	36	5	5	63,56
96	97	357	48	40	57,97
97	98	351	50	0	91,61
98	99	351	40	30	102,15
99	100	353	14	30	77,93
100	101	359	30	25	27,93
101	102	291	20	10	34,00
102	103	335	56	20	116,00
103	104	318	40	45	31,69
104	105	309	58	40	18,91
105	106	314	11	45	86,40

Est.	P.O.	Azimut			D.H.
		Grados	Min.	Seg.	
106	107	320	57	30	99,96
107	108	343	23	10	53,98
108	109	351	57	35	39,28
109	110	357	43	5	37,86
110	111	4	42	25	62,98
111	112	34	41	50	34,28
112	113	20	24	5	36,86
113	114	6	9	25	36,80
114	115	19	19	5	64,45
115	116	22	21	40	69,05
116	117	9	30	30	31,97
117	118	355	15	5	67,82
118	119	353	25	20	38,00
119	120	311	15	55	49,94
120	121	311	53	0	37,97
121	122	11	20	30	30,00
122	123	48	41	35	31,98
123	124	51	2	35	71,92
124	125	18	57	10	25,99
125	126	9	6	25	36,88
126	127	2	6	45	37,58
127	128	7	6	10	51,43
128	129	3	24	45	55,94
129	130	358	6	40	38,27
130	131	353	52	40	36,04
131	132	356	41	20	52,07
132	133	353	25	45	123,13
133	134	328	24	35	57,87
134	135	310	35	5	121,51
135	136	331	50	50	59,45
136	137	334	39	0	51,93
137	138	353	13	40	55,76
138	139	356	26	25	52,00
139	140	301	40	15	21,99
140	141	291	30	15	33,32
141	142	323	5	5	39,65
142	143	307	32	55	33,75
143	144	325	36	30	18,46
144	145	325	13	45	38,60
145	146	40	6	0	25,66
146	147	22	26	50	24,77
147	148	37	48	40	44,71
148	148,1	43	44	25	50,72
148	149	43	50	45	98,25
149	150	46	7	40	33,43
150	151	20	49	15	57,71
151	152	15	26	45	63,80
152	153	40	38	5	13,02
153	154	57	6	50	66,06
154	155	93	51	10	53,87
155	156	68	58	45	38,56
156	157	48	40	5	21,87
157	158	47	2	15	84,54

Est.	P.O.	Azimut			D.H.
		Grados	Min.	Seg.	
158	159	69	39	50	49,82
159	160	80	55	30	31,98
160	161	79	56	30	47,55
161	161,1	82	36	5	32,97
161	162	91	0	20	104,73
162	163	57	25	25	33,86
163	164	30	56	5	19,96
164	165	13	45	35	52,00
165	166	5	52	50	99,85
166	166,1	3	56	35	33,72
166	166,2	20	56	50	72,00
166	167	39	42	45	129,99
167	168	83	2	10	67,72
168	169	30	11	40	15,96
169	169,1	21	11	55	34,36
169	169,2	33	37	20	55,89
169	170	47	23	45	117,70
170	170,1	11	32	25	39,96
170	171	41	59	5	135,91
171	172	38	54	45	81,94
172	173	28	58	5	39,25
173	174	46	8	40	33,91
174	174,1	58	12	35	38,34
174	175	69	29	0	129,92
175	176	46	28	55	73,98
176	176,1	66	44	15	94,60
176	176,2	91	11	25	179,93
176	177	96	11	0	217,88
177	177,1	130	9	10	54,57
177	178	129	40	30	124,00
178	179	88	17	10	43,91
179	180	16	2	30	49,59
180	181	13	57	45	151,78
181	181,1	12	27	40	39,49
181	182	37	21	30	209,89
182	182,1	64	48	25	116,00
182	183	78	21	10	203,08
183	184	65	42	0	209,76
184	185	52	5	0	43,91
185	185,1	40	38	55	111,89
185	186	41	38	40	301,98
186	187	3	3	35	173,91
187	188	18	35	25	53,86
188	189	29	1	0	45,91
189	189,1	53	21	45	115,30
189	190	46	44	50	181,56
190	190,1	26	8	5	111,78
190	191	40	42	25	195,53
191	192	57	52	35	63,75
192	193	58	38	0	197,99
193	193,1	50	12	20	41,70
193	194	38	32	20	104,00
194	194,1	23	17	40	67,43
194	195	21	50	30	121,20
195	195,1	30	15	45	21,97
195	195,2	29	52	45	29,77

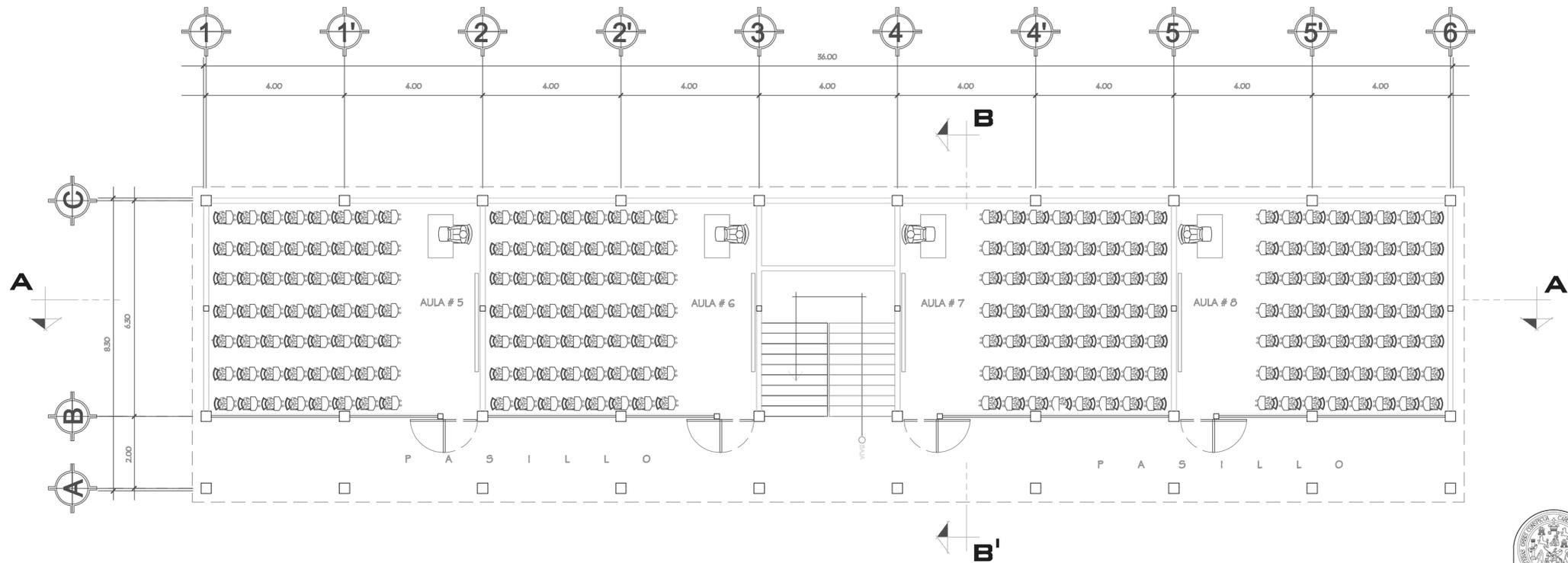
Est.	P.O.	Azimut			D.H
------	------	--------	--	--	-----



PLANTA DE ARQUITECTURA PRIMER NIVEL, DISTRIBUCION DE AMBIENTES

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75



PLANTA DE ARQUITECTURA SEGUNDO NIVEL DE DISTRIBUCION DE AMBIENTES

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75



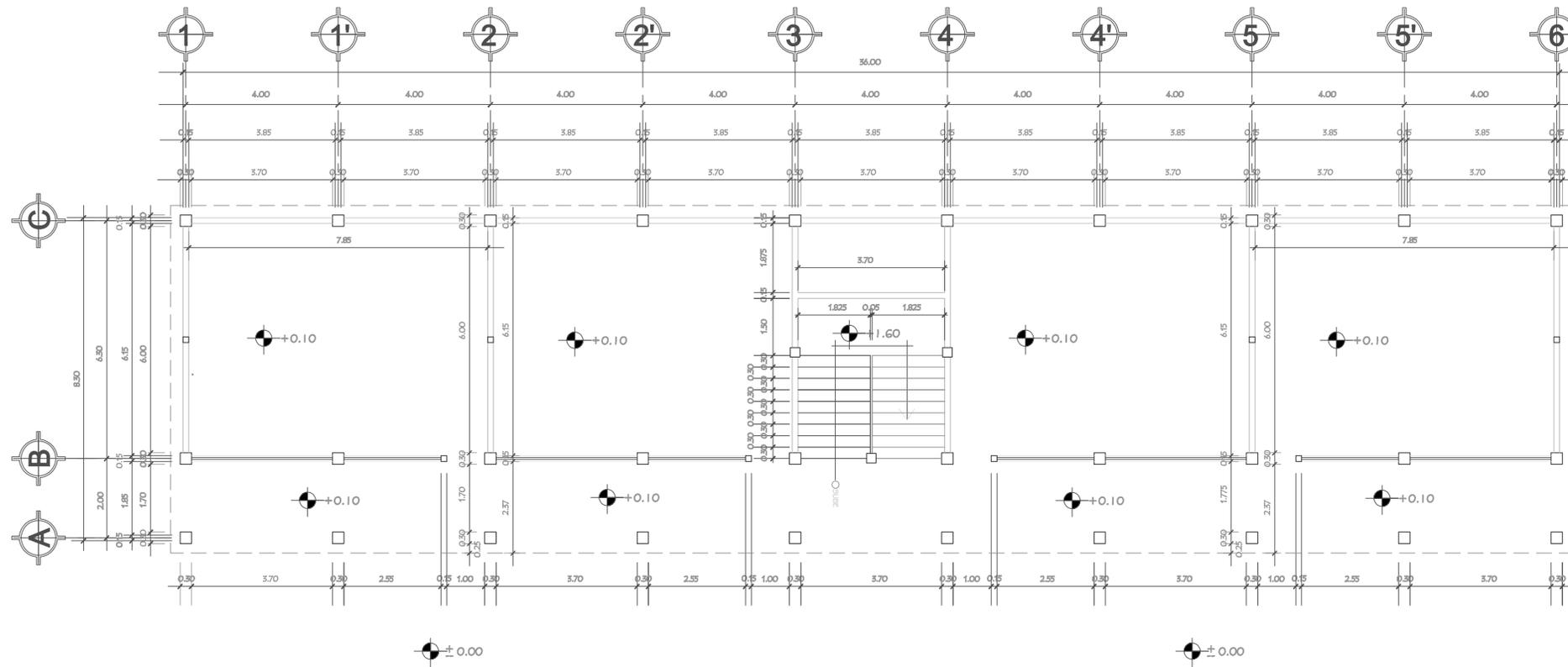
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRIJOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA, 1ER. Y 2DO. NIVEL	FECHA: ABRIL / 2009

AUSEOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
DIJULO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	1 / 11

Prof. Francisco Tamiriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



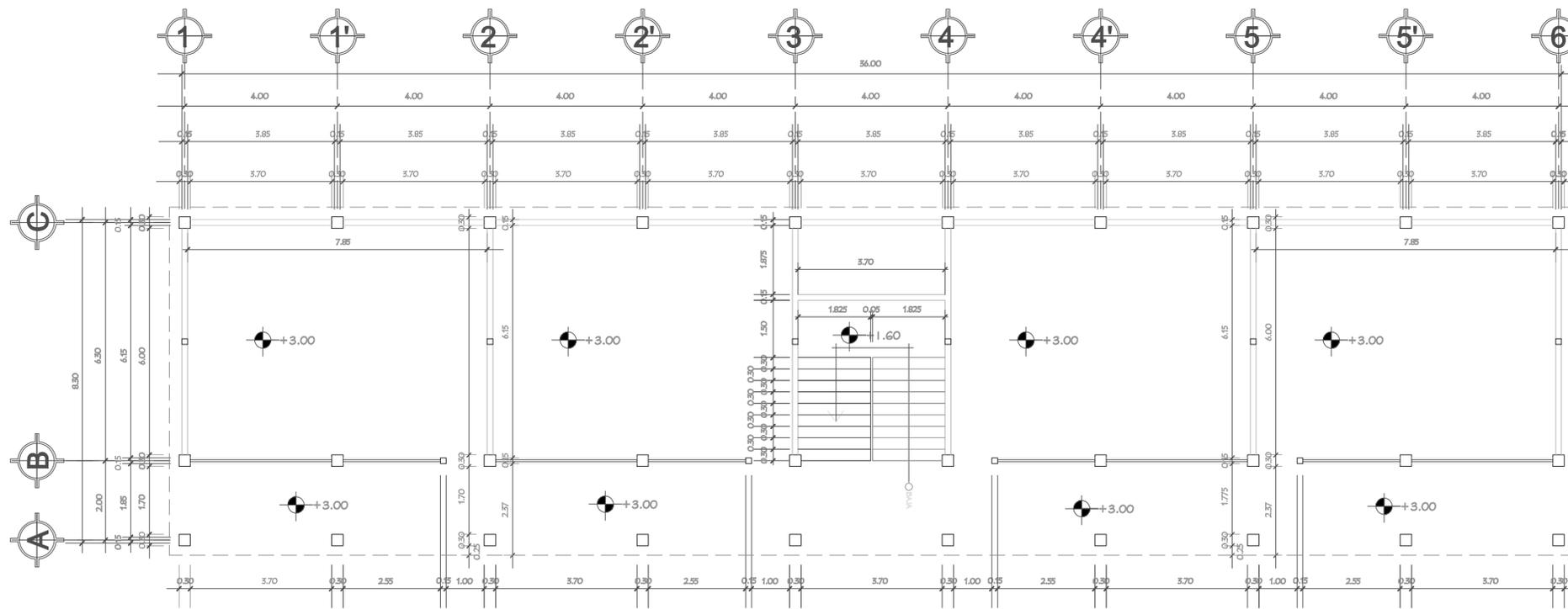
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	INDICA NIVELES Y ALTURAS DE PAC.
	INDICA VENTANAS SNPT



PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75



PLANTA ACOTA SEGUNDO NIVEL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

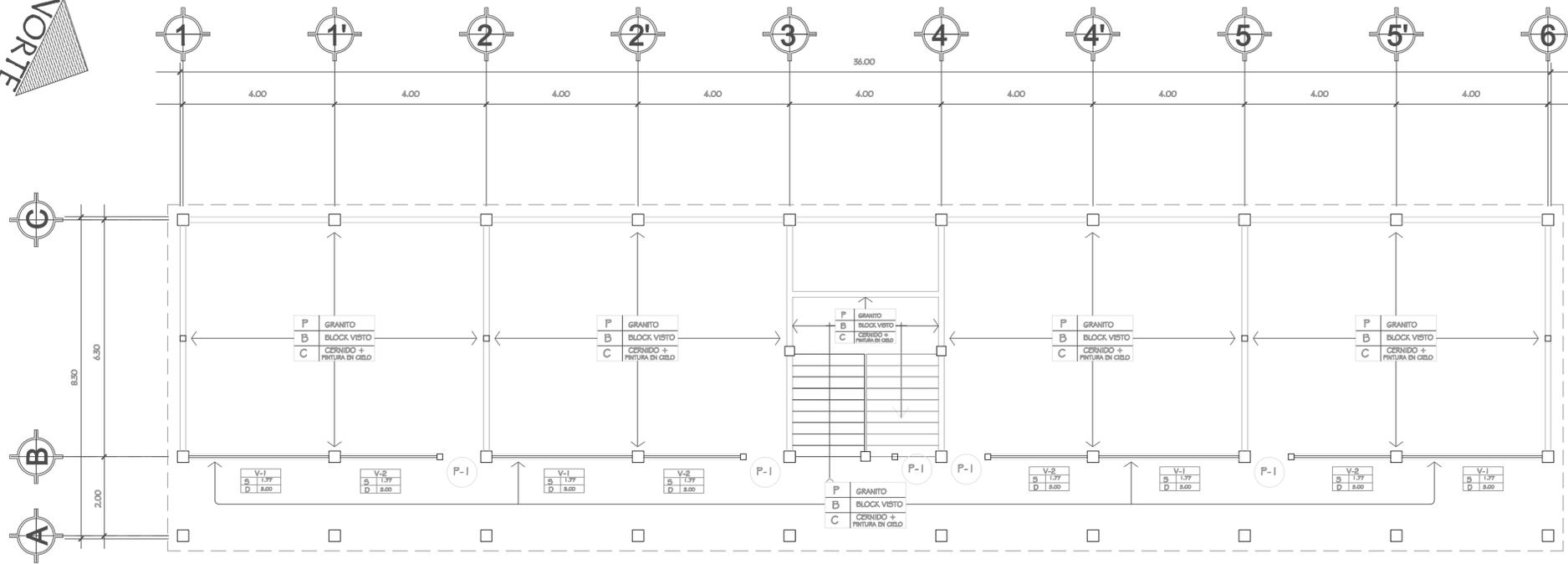
Escala 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRIJOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA, 1ER. Y 2DO. NIVEL	FECHA: ABRIL / 2009

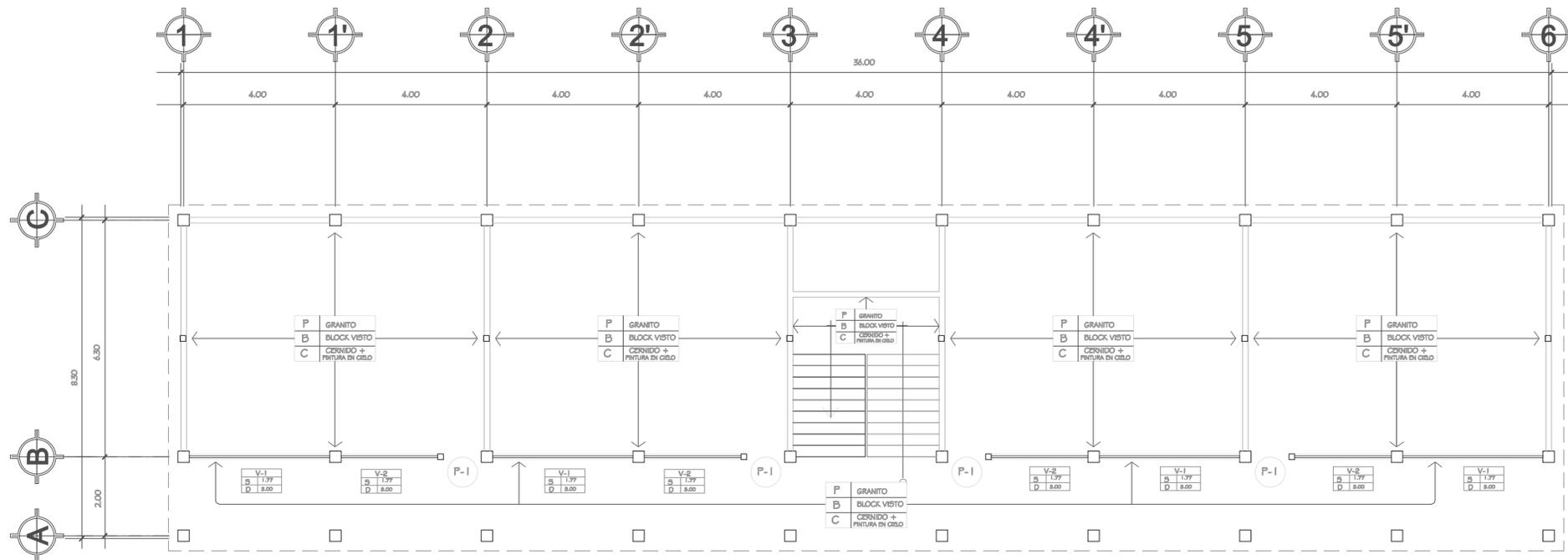
AUSEOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
DIJOU: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	2 / 11



PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL.

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75

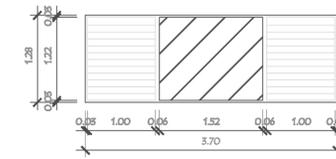


PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL.

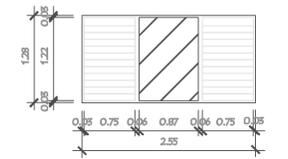
ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75

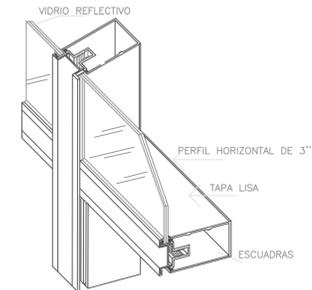
PLANILLA DE VENTANAS					
TIPO	SILLAR	DINTEL	UNIDADES	ANCHO	ALTO
V-1	1.49	2.77	6	3.70	1.28
V-2	1.49	2.77	6	2.55	1.28



V-1
6 UNIDADES ESCALA= 1:50

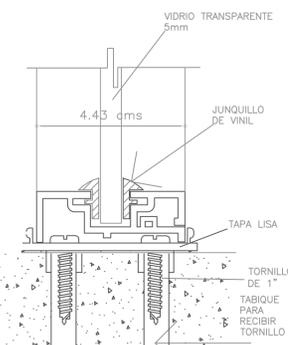


V-2
6 UNIDADES ESCALA= 1:50



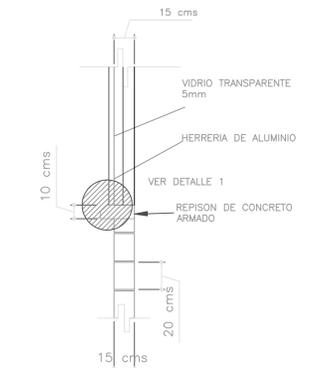
ARMADO DE VENTANA

ALUMINIO Y VIDRIO



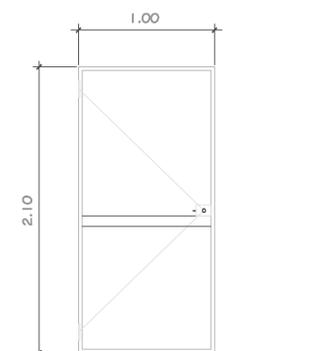
DETALLE 1

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
P	INDICA PISO DE GRANITO
B	INDICA BLOQUE VISTO
C	INDICA EN EL CIELO + CERNIDO + PINTURA
V-1	INDICA TIPO DE VENTANA
V-2	INDICA SILLAR
D	INDICA DINTEL
	INDICA QUE SEÑALA LO MISMO EN TODOS LOS MUEBLES Y CIELOS
- - -	PROYECCIÓN DE BORDADO



DETALLE DE ANTEPECHO
ESCALA= 1:25

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	ALTO	UNIDADES	MATERIAL
P-1	1.00	2.10	6	METAL



P-1
6 UNIDADES ESCALA= 1:25



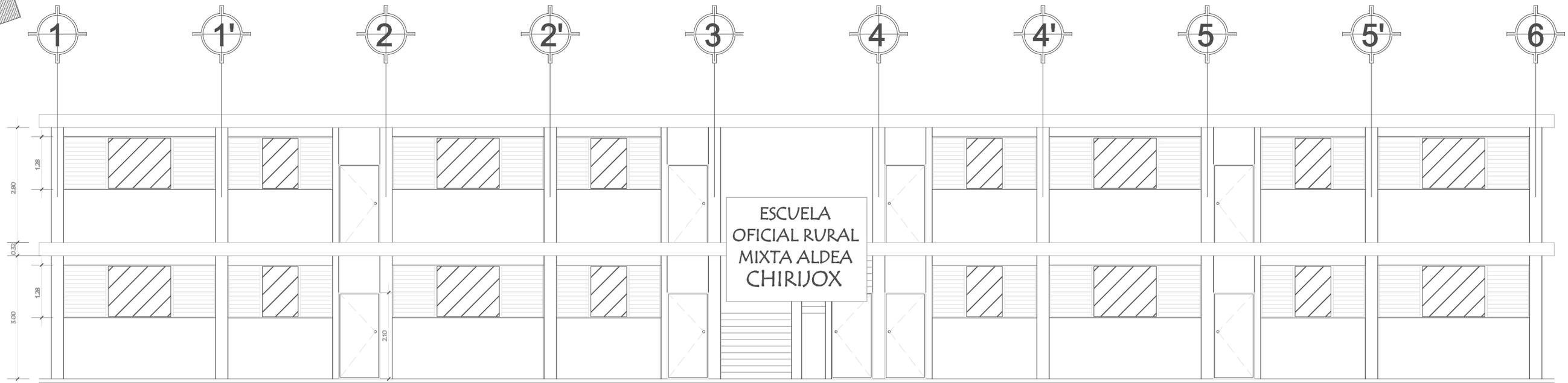
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO:	MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRIJOX	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA ACABADOS, 1ER. Y 2DO. NIVEL	FECHA:	ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN:	ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008:	SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:	3
DIBUJO:	SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008:	SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES		11

Prof. Francisco Tamiré
Alcalde Municipal

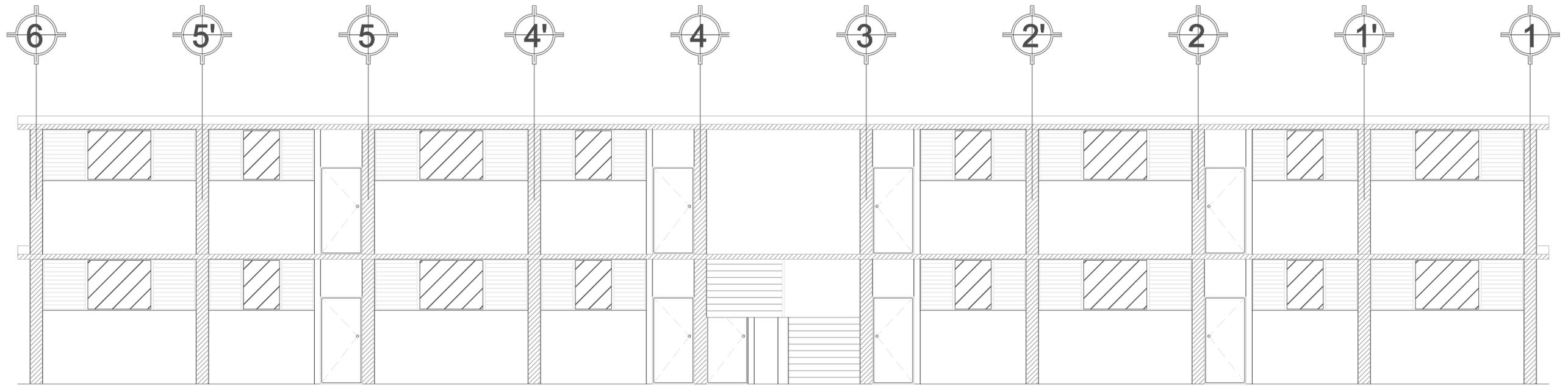
Ing. Angel Sic Garch
Asesor



ELEVACIÓN FRONTAL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:50



SECCIÓN A-A'

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:50



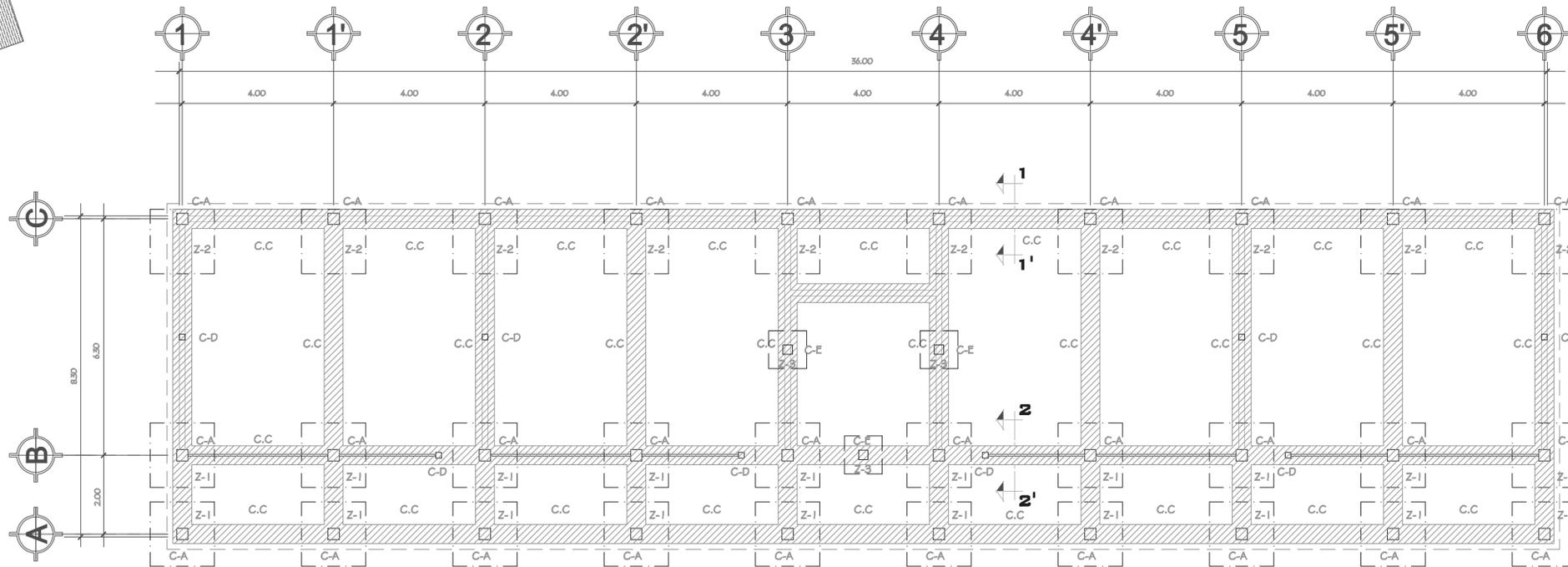
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRIJOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: FACHADA + CORTE	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	4 / 11

Prof. Francisco Tambric
Alcalde Municipal

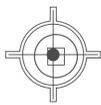
Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



ESPECIFICACIONES

LA CIMENTACION PROPUESTA PODRA SER VARIADA POR EL CONSTRUCTOR, SI LAS CONDICIONES DEL TERRENO LO REQUIERAN
SE LE HARA UNA SUPERFICIE RUGOSA A LA CARA DEL CIMENTO A UNIR, PARA ANCLAJES ENTRE CIMIENTOS (DE UNO FRAGUADO A UNO FRESCO),

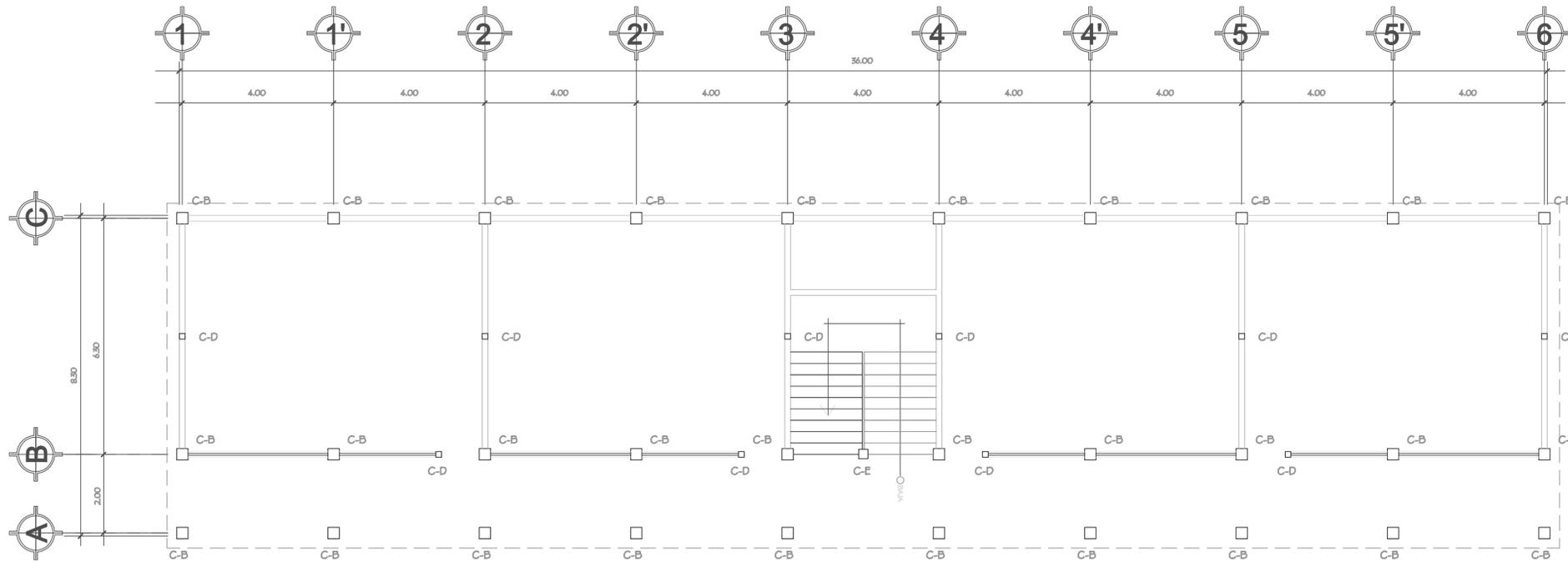
VER PLANO DE DETALLES ZAPATAS, COLUMNAS.



PLANO DE CIMENTACIÓN Y COLUMNAS PRIMER NIVEL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75



VER PLANO DE DETALLES ZAPATAS, COLUMNAS.



PLANO DE CIMENTACIÓN Y COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

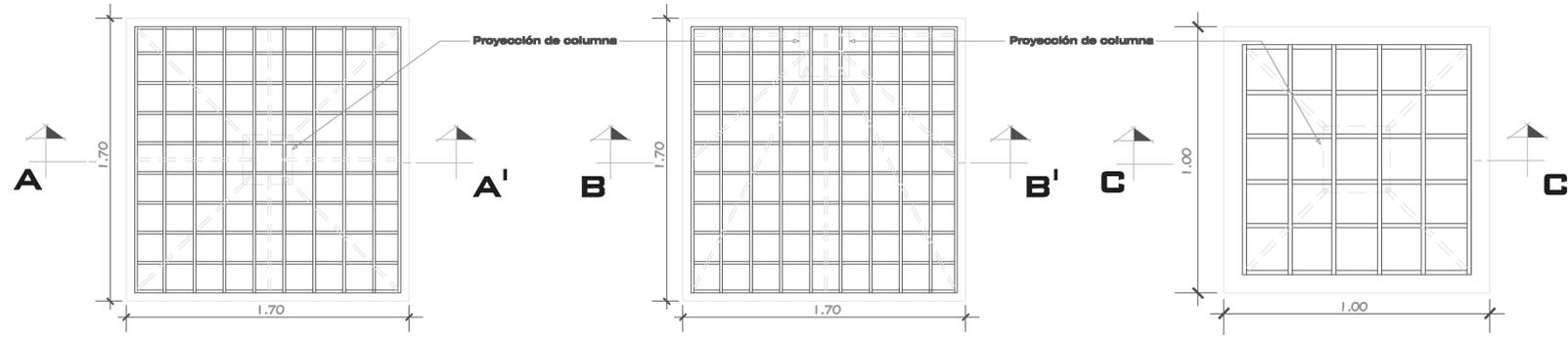
PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRIJOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNAS	FECHA: ABRIL / 2009

AUSEOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOMA No.:
DIRUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	5 / 11

Prof. Francisco Tamiré
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor

DETALLE DE ZAPATAS



PLANTA DE ZAPATA 1

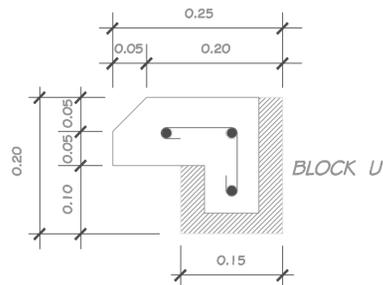
No. 6 @ 0.10 METROS EN AMBOS SENTIDOS ESCALA 1:20

PLANTA DE ZAPATA 2

No. 4 @ 0.15 mts en ambos sentidos cama superior
No. 5 @ 0.15 mts en ambos sentidos cama inferior ESCALA 1:20

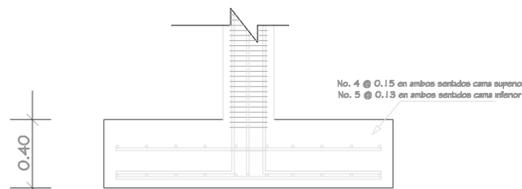
PLANTA DE ZAPATA 3

No. 3 @ 0.15 mts en ambos sentidos ESCALA 1:12.5



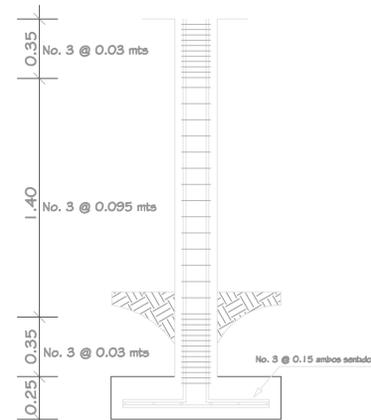
SOLERA DE SILLAR

3 # 3 + ESTABON # 2 @ 0.20 mts. ESCALA: 1:5



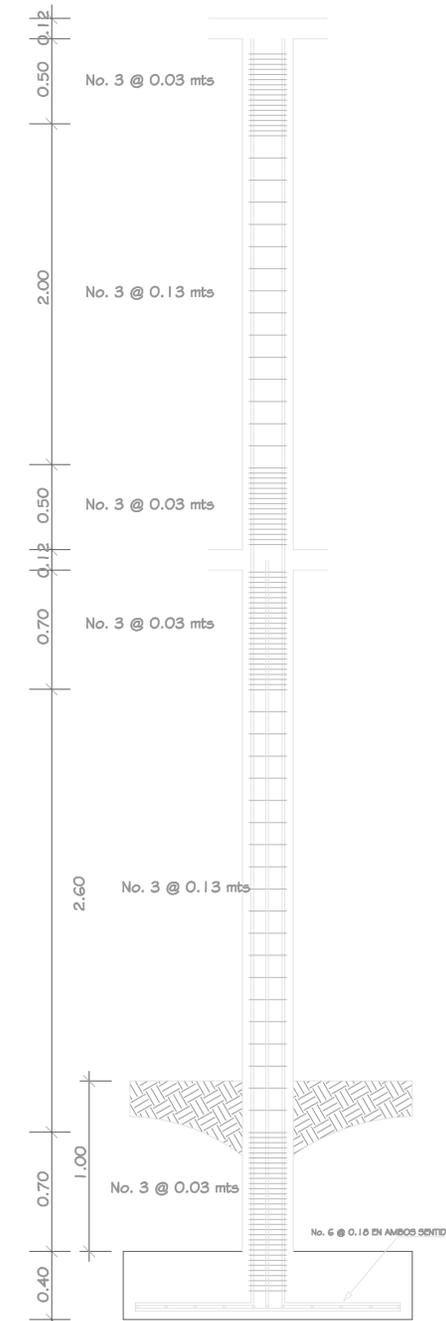
CORTE B - B'

ESCALA 1:20



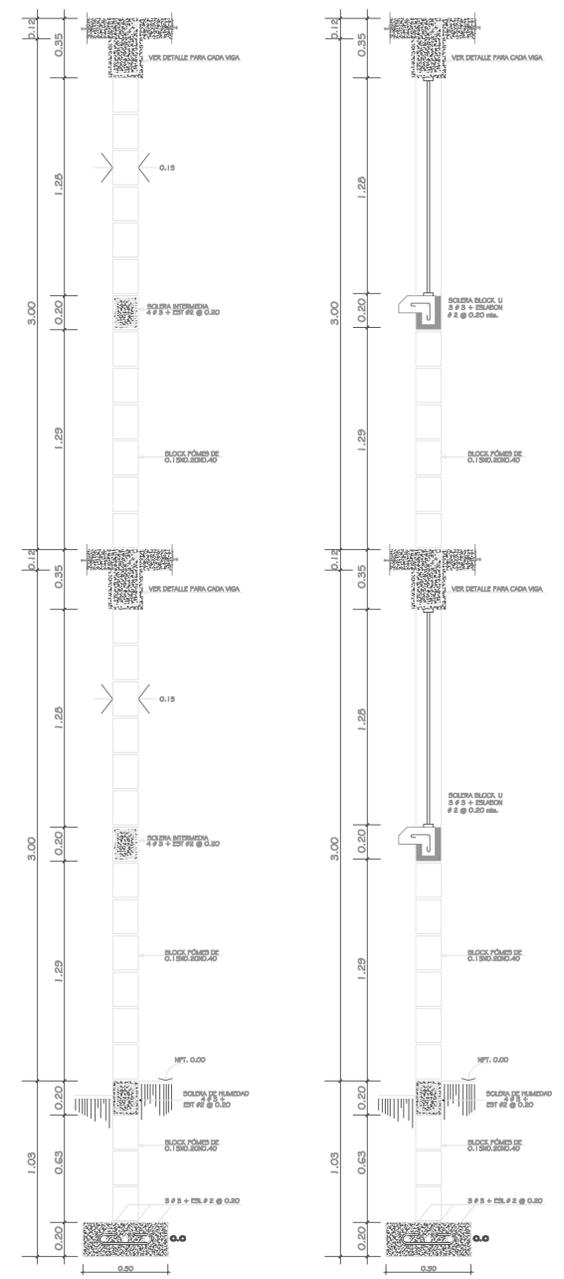
CORTE C - C'

ESCALA 1:20



CORTE A - A'

ESCALA 1:20

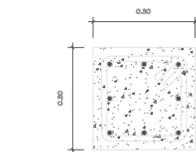


CORTE TIPICO MURO 1-1'

ESCALA: 1:20

CORTE TIPICO MURO 2-2'

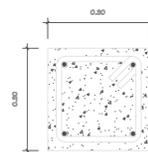
ESCALA: 1:20



Columna "C-A"

4 No. 8+4 No.6 LONGITUDINALES + estribos No. 3 @ 0.12 mts, en 0.70 mts de confinamiento en ambos extremos, el resto a @ 0.14 mts. El recubrimiento a 3.00 cms.

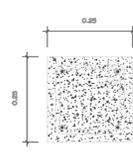
ESCALA 1:10



Columna "C-B"

4 No. 8 LONGITUDINALES + estribos No. 3 @ 0.06 mts, en 0.50 mts de confinamiento en ambos extremos, el resto a @ 0.14 mts. El recubrimiento a 3.00 cms.

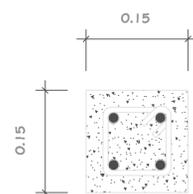
ESCALA 1:10



Columna "C-E"

4 No. 7 LONGITUDINALES + estribos No. 3 @ 0.05 mts, en 0.35 mts de confinamiento en ambos extremos, el resto a @ 0.095 mts. El recubrimiento a 3 cms.

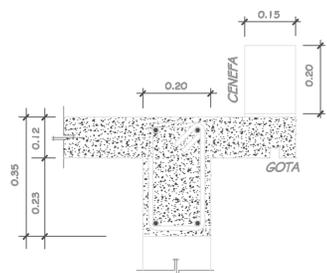
ESCALA 1:10



Columna "C-D"

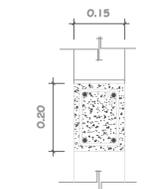
4 No. 3 LONGITUDINALES + estribos No. 2 @ 0.20 mts EL RECUBRIMIENTO 3.00 CMS.

ESCALA 1:5



SOLERA DE CORONA (SC)

VER PLANO DE DETALLE PARA CADA VIGA ESCALA: 1:10



SOLERA INTERMEDIA

4 # 3 + ESTRIBO # 2 @ 0.20 mts. ESCALA: 1:10

ESPECIFICACIONES

POR NINGUN MOTIVO SE PODRA INCLUIR ALGUN TIPO DE TUBERIA DENTRO DE FUNDICIONES LAS SOLERAS INTERMEDIAS Y DE REMATE, SERAN CONSTRUIDAS DE IGUAL FORMA

PROPORCIÓN 1:2:2 CEMENTO: 9.8 SACOS, ARENA: 0.55 METROS CUBICOS, PIEDRIN: 0.55 METROS CUBICOS, PARA UN METRO CUBICO DE CONCRETO.

$F_c = 210 \text{ Kg/cm}$ $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}$



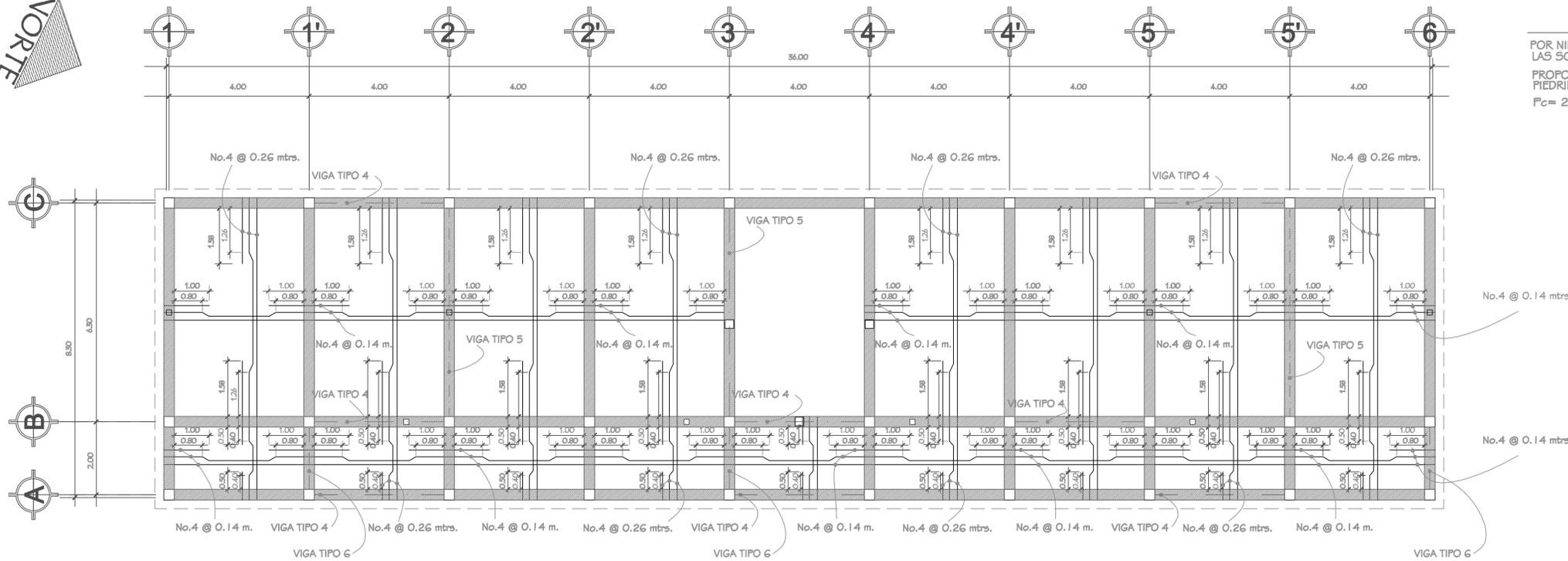
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRUOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: DETALLES DE CIMIENTOS Y COLUMNAS	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
PROYECTO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	6 / 11

Prof. Francisco Tamirón
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Genti
Asesor



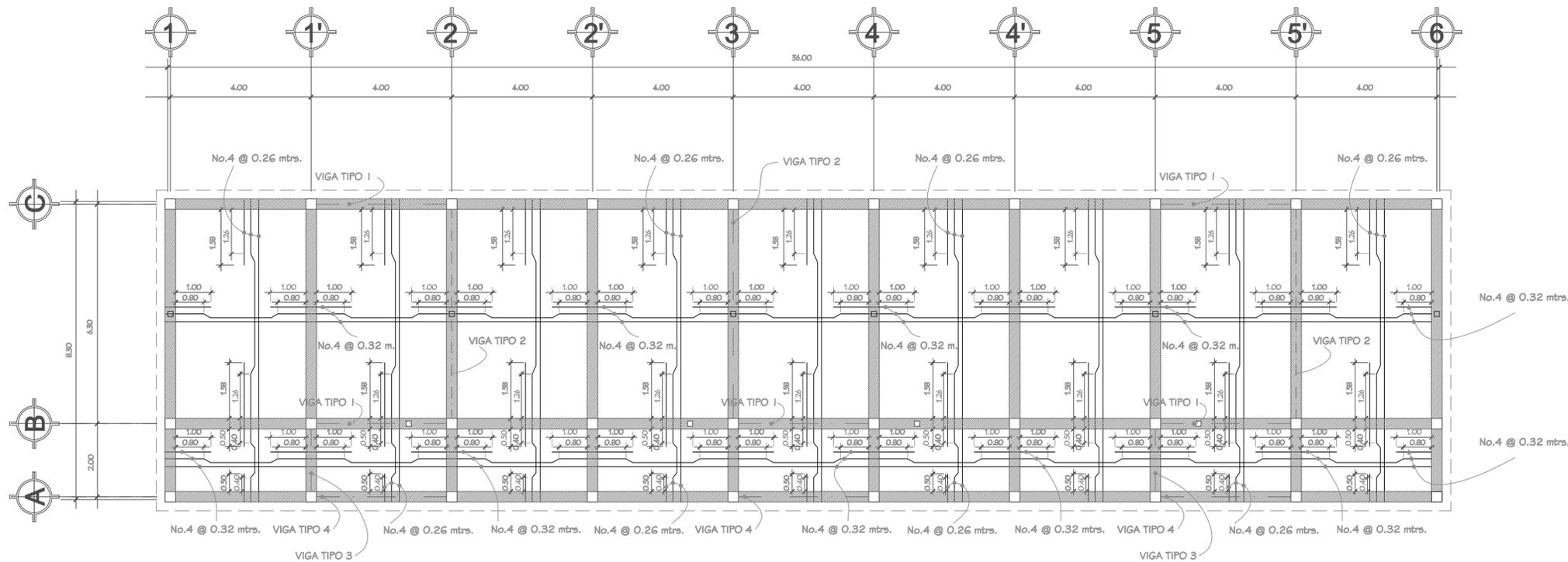
ESPECIFICACIONES

POR NINGUN MOTIVO SE PODRA INCLUIR ALGUN TIPO DE TUBERIA DENTRO DE FUNDICIONES. LAS SOLERAS INTERMEDIAS Y DE REMATE, SERAN CONSTRUIDAS DE IGUAL FORMA.
 PROPORCIÓN 1:2:2 CEMENTO: 9.8 SACOS, ARENA: 0.55 METROS CUBICOS, FIEDRIN: 0.55 METROS CUBICOS, PARA UN METRO CUBICO DE CONCRETO.
 $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}$ $f_y = 2810 \text{ Kg/cm}$

PLANTA DE ARMADO DE LOSA, PRIMER NIVEL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75



PLANTA DE ARMADO DE LOSA, SEGUNDO NIVEL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

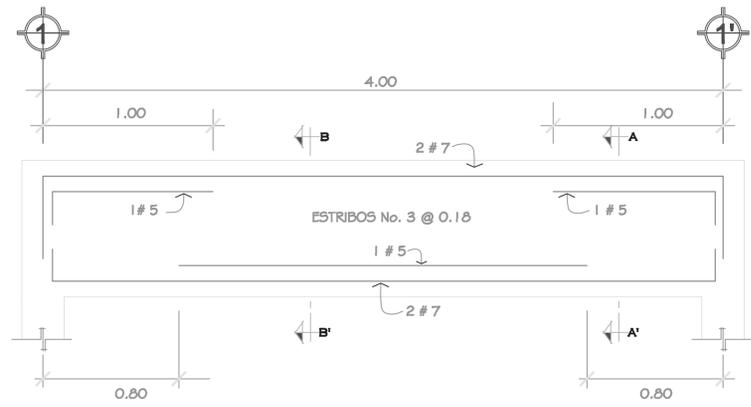
Escala 1:75



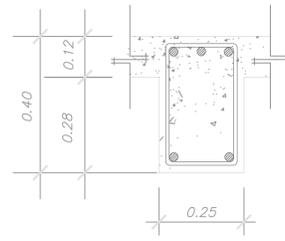
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRIJOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA DE ARMADO DE LOSAS, 1ER. Y 2DO. NIVEL	FECHA: ABRIL / 2009

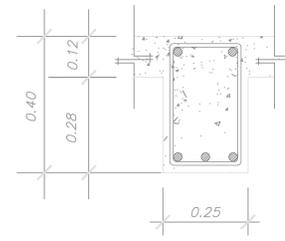
ASESOR DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	7 / 11



DETALLE DE VIGA TIPO 4 1ER. NIVEL
 ESCALA HORIZONTAL 1:20
 ESCALA VERTICAL 1:10



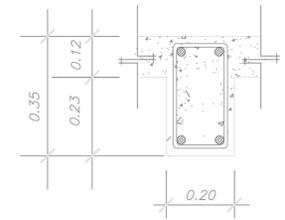
SECCIÓN DE VIGA AA'
 ESCALA 1:10



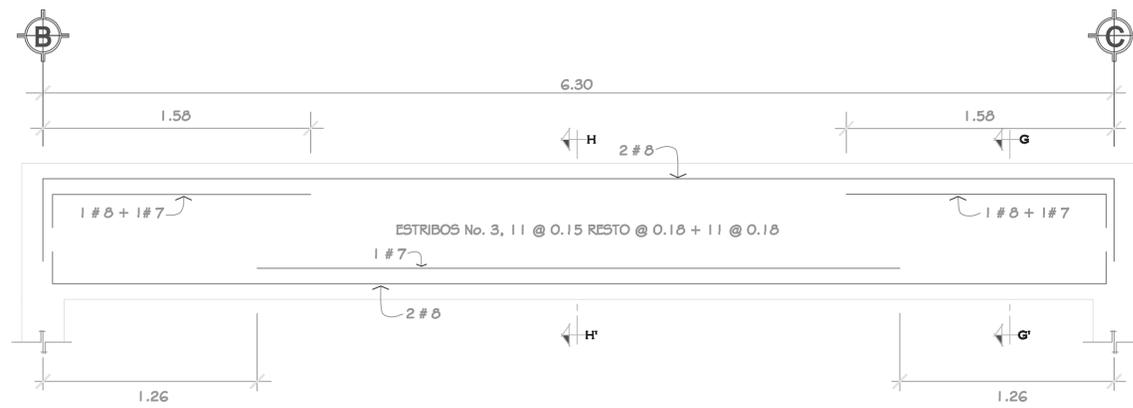
SECCIÓN DE VIGA BB'
 ESCALA 1:10



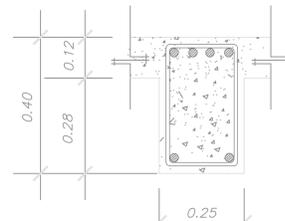
DETALLE DE VIGA TIPO 1 2DO. NIVEL
 ESCALA HORIZONTAL 1:20
 ESCALA VERTICAL 1:10



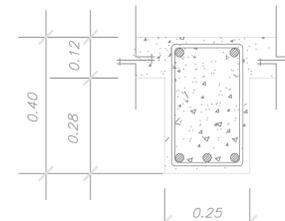
SECCIÓN DE VIGA CC'
 ESCALA 1:10



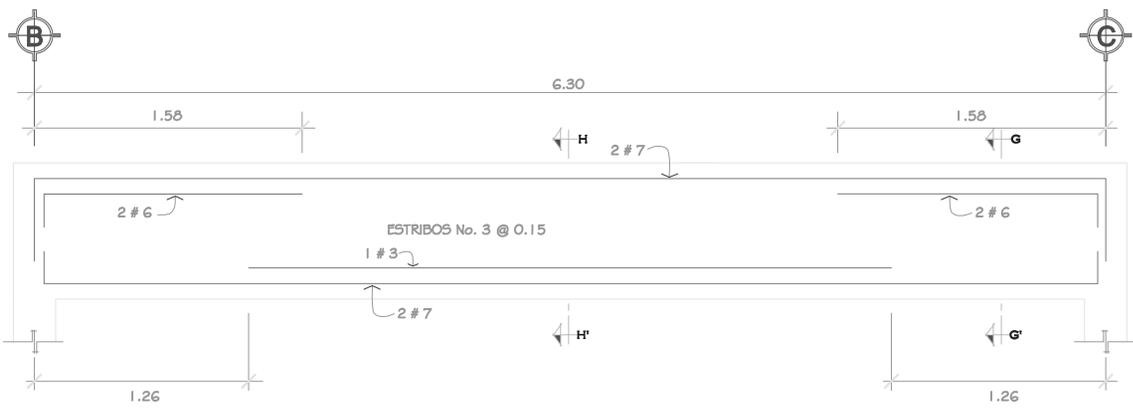
DETALLE DE VIGA TIPO 5 1ER. NIVEL
 ESCALA HORIZONTAL 1:20
 ESCALA VERTICAL 1:10



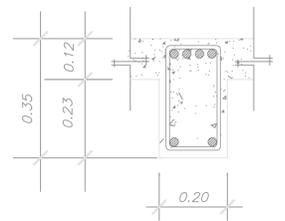
SECCIÓN DE VIGA GG'
 ESCALA 1:10



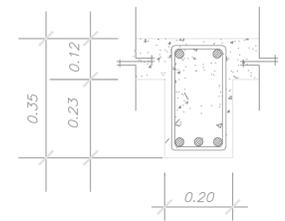
SECCIÓN DE VIGA HH'
 ESCALA 1:10



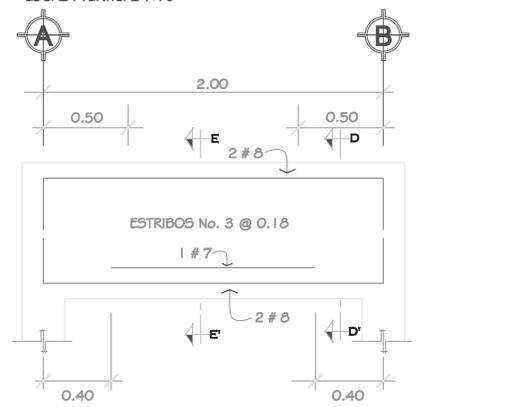
DETALLE DE VIGA TIPO 2 2DO. NIVEL
 ESCALA HORIZONTAL 1:20
 ESCALA VERTICAL 1:10



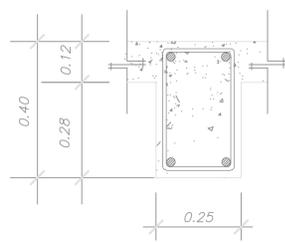
SECCIÓN DE VIGA II'
 ESCALA 1:10



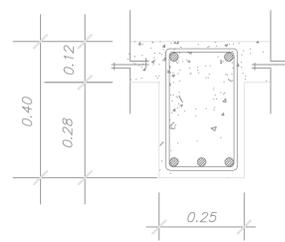
SECCIÓN DE VIGA JJ'
 ESCALA 1:10



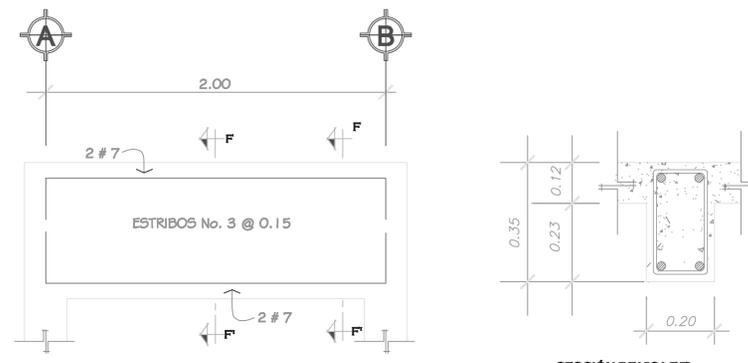
DETALLE DE VIGA TIPO 6 1ER. NIVEL
 ESCALA HORIZONTAL 1:20
 ESCALA VERTICAL 1:10



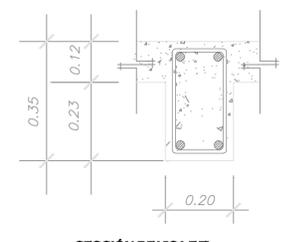
SECCIÓN DE VIGA DD'
 ESCALA 1:10



SECCIÓN DE VIGA EE'
 ESCALA 1:10



DETALLE DE VIGA TIPO 3 2DO. NIVEL
 ESCALA HORIZONTAL 1:20
 ESCALA VERTICAL 1:10



SECCIÓN DE VIGA FF'
 ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES

POR NINGUN MOTIVO SE PODRA INCLUIR ALGÚN TIPO DE TUBERÍA DENTRO DE FUNDICIONES. LAS SOLERAS INTERMEDIAS Y DE REMATE, SERAN CONSTRUIDAS DE IGUAL FORMA.
 PROPORCIÓN 1:2:2 CEMENTO: 9.8 SACOS, ARENA: 0.55 METROS CÚBICOS, PIEDRIN: 0.55 METROS CÚBICOS, PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO.
 $F_c = 210 \text{ Kg/cm}$ $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}$

RECUBRIMIENTO PARA TODAS LAS VIGAS:

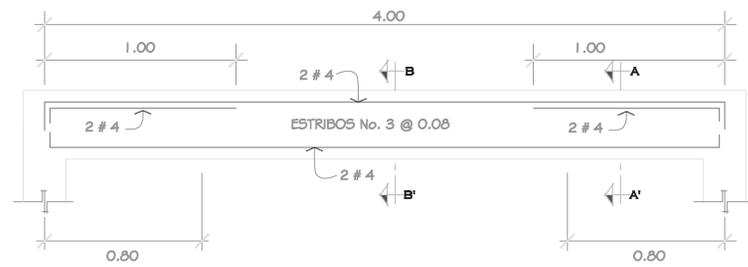
1. RECUBRIMIENTO INFERIOR = 5.08 CMS. (2 PULG.)
2. RECUBRIMIENTO SUPERIOR = 2.54 CMS. (1 PULG.)



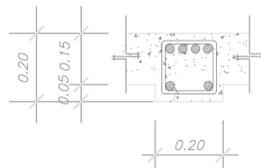
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRUOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: DETALLES DE ESTRUCTURAS, LOSAS Y CIMENTACIÓN	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	8 / 11

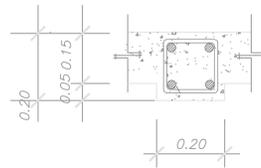


DETALLE DE VIGA MODULO DE GRADAS
 ESCALA HORIZONTAL 1:20
 ESCALA VERTICAL 1:10



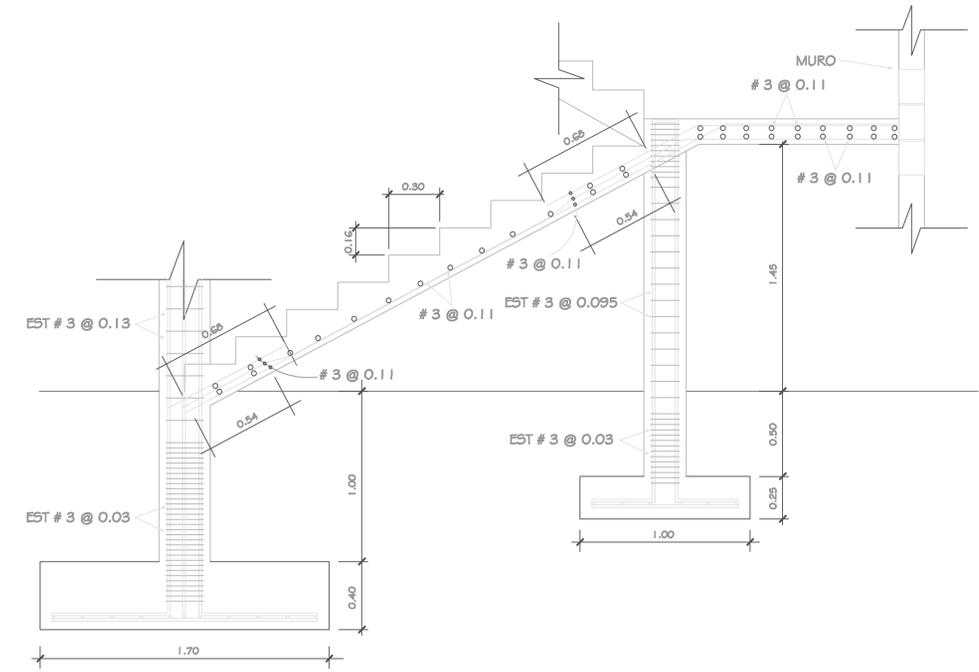
SECCIÓN DE VIGA A-A'

ESCALA 1:10



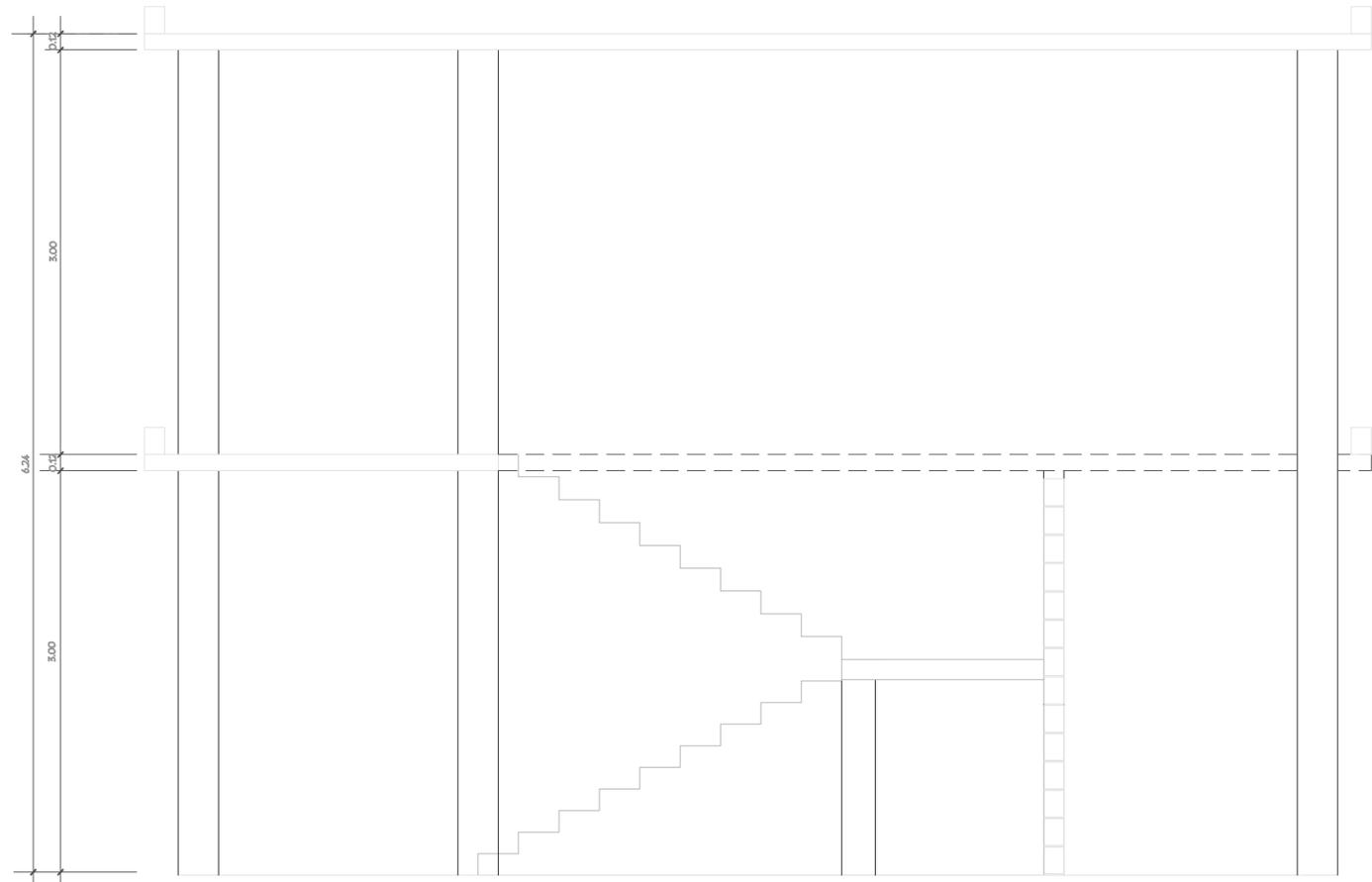
SECCIÓN DE VIGA B-B'

ESCALA 1:10



SECCION A - A

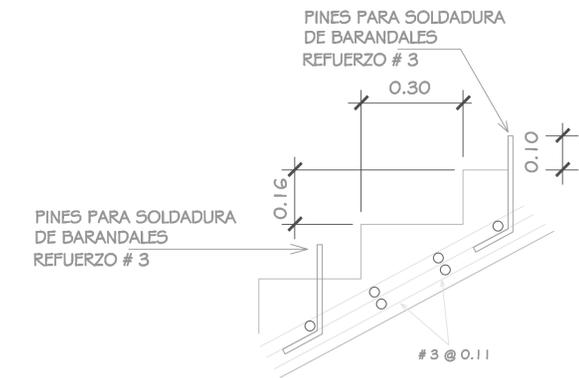
ESCALA 1:20



SECCIÓN B-B'

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:25



VIGA DE ANCLAJE PARA BARANDA EN GRADAS

ESCALA 1:10

ESPECIFICACIONES

POR NINGUN MOTIVO SE PODRA INCLUIR ALGÚN TIPO DE TUBERÍA DENTRO DE FUNDICIONES. LAS SOLERAS INTERMEDIAS Y DE REMATE, SERAN CONSTRUIDAS DE IGUAL FORMA.
 PROPORCIÓN 1:2:2 CEMENTO: 9.8 SACOS, ARENA: 0.55 METROS CÚBICOS, PIEDRIN: 0.55 METROS CÚBICOS, PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO.
 $f_c = 210 \text{ Kg/cm}$ $f_y = 2810 \text{ Kg/cm}$

RECUBRIMIENTO PARA TODAS LAS VIGAS:

1. RECUBRIMIENTO INFERIOR = 5.08 CMS. (2 PULG.)
2. RECUBRIMIENTO SUPERIOR = 2.54 CMS. (1 PULG.)



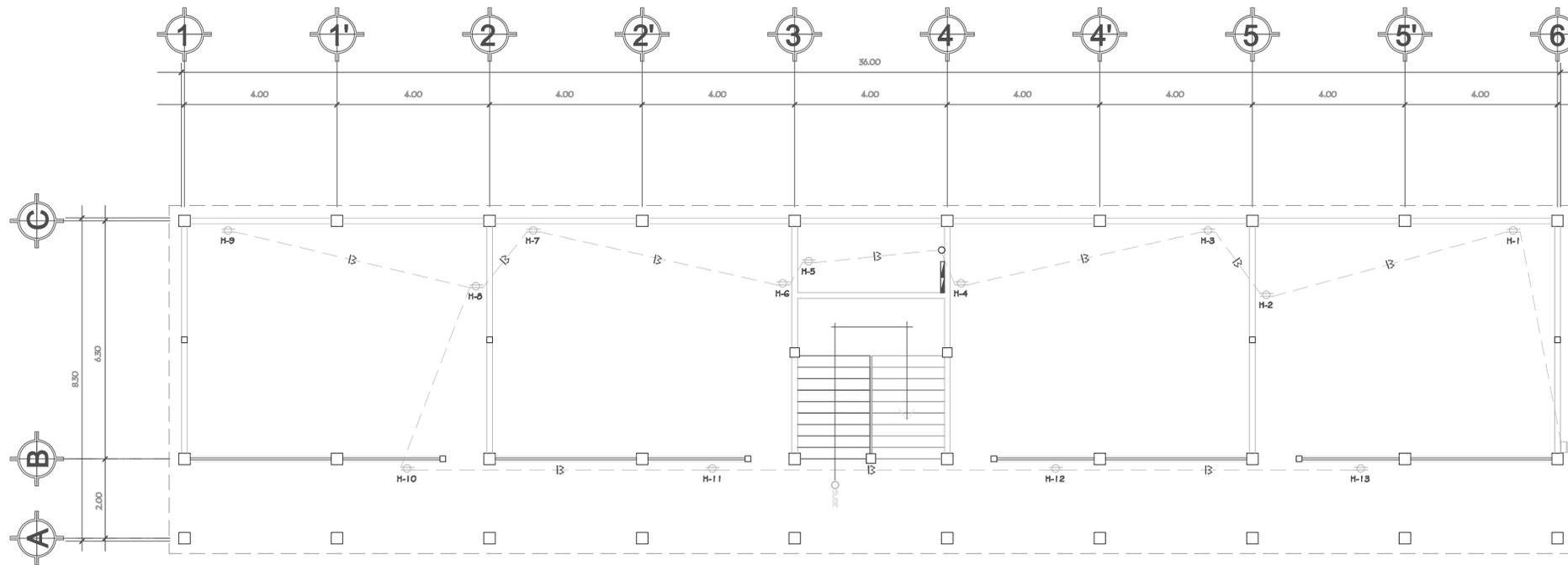
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRIJOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: MÓDULO DE GRADAS	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	9 / 11

Prof. Francisco Tamiré
 Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Gamba
 Asesor



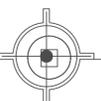
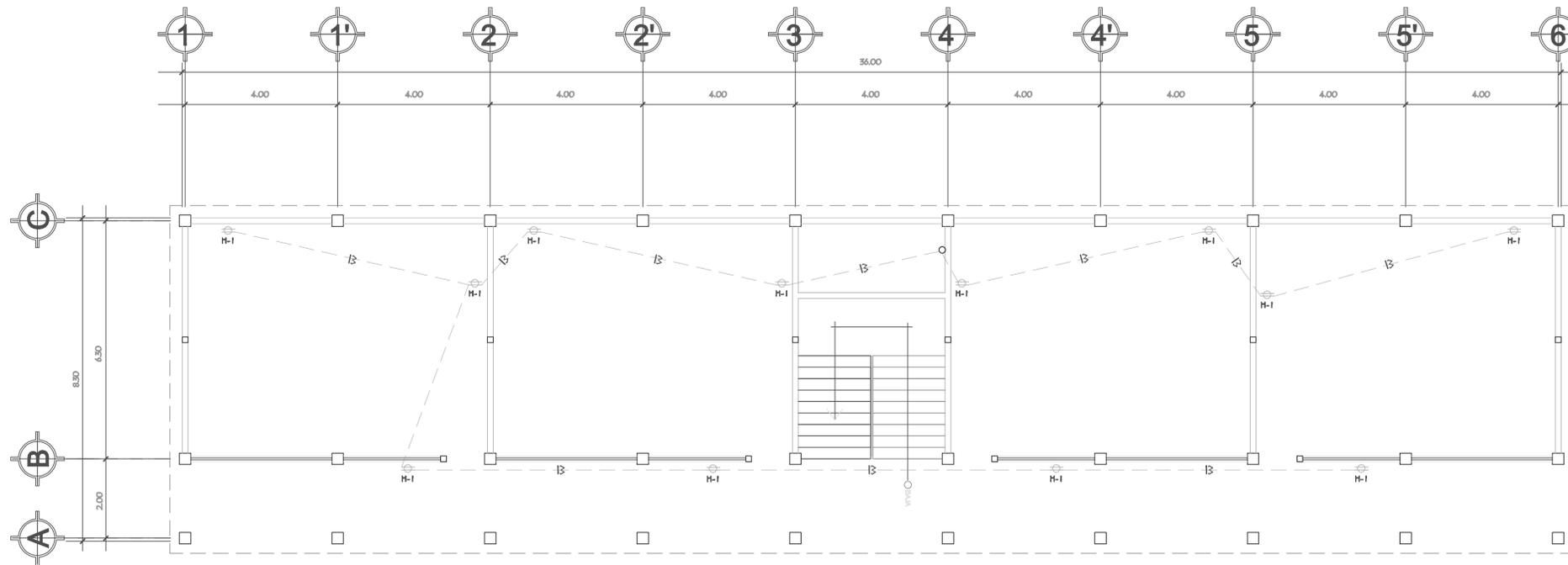
SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	ACOMETIDA
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	ILUMINACIÓN EN CIELO DE BOLADIZO
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	TOMACORRIENTE DOBLE H=0.30 S.N.P.T.
	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 12
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12
	TUBERÍA P.V.C. ELÉCTRICO Ø 1/2"
	TUBERÍA POLIDUCTO Ø 1/2"



PLANTA DEL SISTEMA ELECTRICO "FUERZA" PRIMER NIVEL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75



PLANTA SEGUNDO NIVEL SISTEMA ELECTRICO "FUERZA"

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ



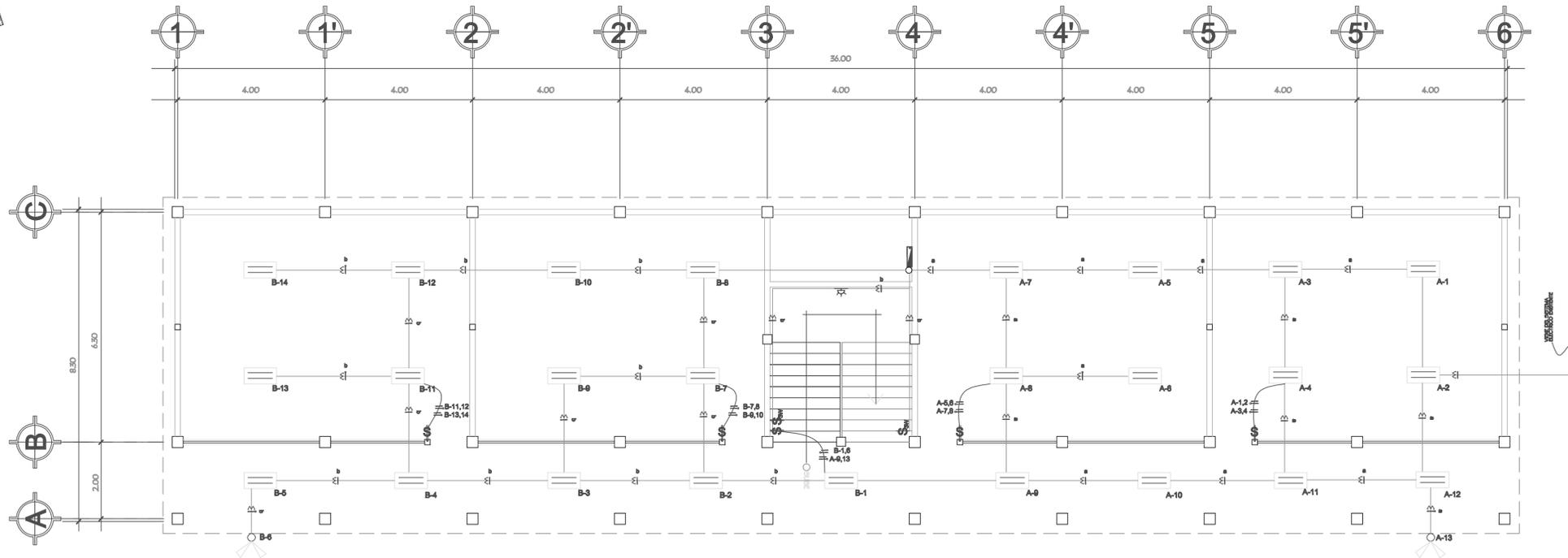
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRIJOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: SISTEMA ELECTRICO "FUERZA"	FECHA: ABRIL / 2009

AUSEJO DE REGION: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
DIBUJO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	10 / 11

Prof. Francisco Tambriz
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Garcia
Asesor



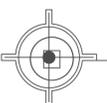
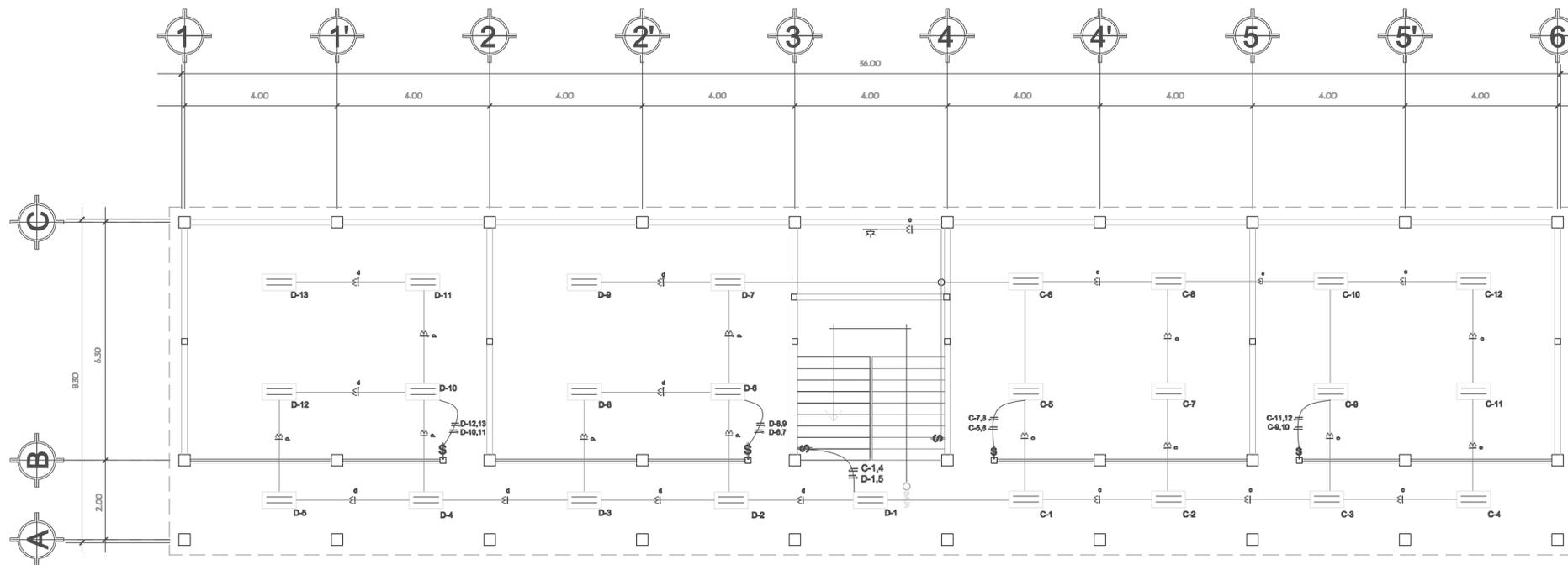
SIMBOLOGIA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	LAMPARA FLOURESCENTE DE 2X40 VARIOS EMPOTRADA EN CIELO
	LAMPARA EN PARED
	REFLECTOR DOBLE
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR THREE WAY
	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 12
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12
	TUBERÍA P.V.C. ELÉCTRICO Ø 1/2"
	TUBERÍA POLIDUCTO Ø 1/2"
	INDICA BAJADA O SUBIDA DE TUBERIA



PLANTA DEL SISTEMA ELECTRICO "ILUMINACION" PRIMER NIVEL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75



PLANTA DEL SISTEMA ELECTRICO "ILUMINACIÓN" SEGUNDO NIVEL

ESCUELA ALDEA CHIRIJOX, MUNICIPIO DE STA. CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Escala 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, SOLOLÁ

PROYECTO: MÓDULO DE AULAS DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA ALDEA CHIRIJOX	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: SISTEMA ELECTRICO "ILUMINACIÓN"	FECHA: ABRIL / 2009

ASESOR DE REGIÓN: ING. ANGEL SIC	DISEÑO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	HOJA No.:
PROYECTO: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	CALCULO EPS 2008: SELVIN ARIEL HIDALGO MORALES	11 / 11

Prof. Francisco Tamiré
Alcalde Municipal

Ing. Angel Sic Gamba
Asesor