



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE PAVIMENTO EN ALDEA TUICHÁN Y DISEÑO DEL
INSTITUTO BÁSICO, EN EL CASERÍO EL PLAN, MUNICIPIO DE
SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN, DEPARTAMENTO DE SAN
MARCOS**

Jorge Henry Orozco Soc

Asesorado por el Ing. Luís Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, abril de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO EN ALDEA TUICHÁN Y DISEÑO DEL
INSTITUTO BÁSICO, EN EL CASERÍO EL PLAN, MUNICIPIO DE
SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN, DEPARTAMENTO DE SAN
MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JORGE HENRY OROZCO SOC

ASESORADO POR EL ING. LUÍS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA 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 Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Isuur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

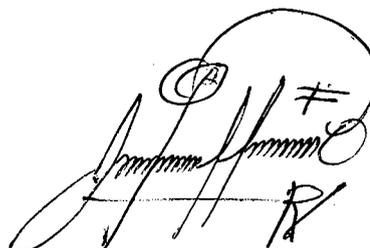
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luís Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañon López
EXAMINADOR	Inga. Cristha Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

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 PAVIMENTO EN ALDEA TUICHÁN Y DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO EN EL CASERIO EL PLAN, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUAN, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 11 de septiembre de 2007.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jorge Henry Orozco Soc'. The signature is stylized with large loops and a prominent initial 'J'. There are some additional marks, possibly a circled 'A' and a '#' symbol, near the top of the signature.

Jorge Henry Orozco Soc



Guatemala, 1 de febrero de 2008
Ref. EPS. D. 101.02.08

UNIDAD DE EPS

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
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 de la Carrera de Ingeniería Civil, **JORGE HENRY OROZCO SOC**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE PAVIMENTO EN ALDEA TUICHÁN Y DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO EN EL CASERÍO EL PLAN, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS”**.

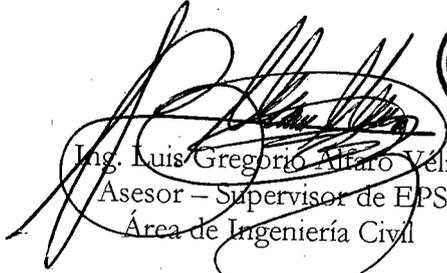
Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del municipio de **San Cristóbal Ixchiguán**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
Asesor – Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



LGAV /jm



Guatemala,
29 de febrero de 2008

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que habiendo revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PAVIMENTO EN ALDEA TUICHÁN Y DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO EN EL CASERÍO EL PLAN, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jorge Henry Orozco Soc, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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. Armando Fuentes Roca

Revisor por el área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC



Guatemala,
10 de marzo de 2008

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que habiendo revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE PAVIMENTO EN ALDEA TUICHÁN Y DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO EN EL CASERÍO EL PLAN, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jorge Henry Orozco Soc, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC



Guatemala, 1 de febrero de 2008

Ref. EPS. D. 101.02.08

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE PAVIMENTO EN ALDEA TUICHÁN Y DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO EN EL CASERÍO EL PLAN, MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **JORGE HENRY OROZCO SOC**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Jorge Henry Orozco Soc, titulado DISEÑO DE PAVIMENTO EN ALDEA TUICHÁN Y DISEÑO DEL INSTITUTO BÁSICO, EN EL CASERÍO EL PLAN, MUNICIPIO DE SAN CRISTOBAL IXCHIGUÁN, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Fernando Amilcar Boitón



Guatemala, abril 2008.

/bbdeb.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios:	Por darme sabiduría y permitirme triunfar.
Ing. Luís Alfaro	Por su asesoría en el desarrollo de este trabajo de graduación.
Ing. Mario Corzo	Por su amistad y por compartir sus conocimientos.
La O.M.P. de Ixchiguán S.M.	Por la oportunidad que me brindó al desarrollar mi Ejercicio Profesional Supervisado.
Mis amigos	Por su amistad, en especial a Leonel, Cuper, Juan, Maco, Chaito, Mario, Roger, y Rudy.
La Facultad de Ingeniería	Por los conocimientos adquiridos en sus salones.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por cederme la oportunidad de triunfar.

ACTO QUE DEDICO A

Mis padres

Jorge Enrique Orozco Velásquez

María Teodora Soc Patzán

Por su amor incondicional, por acompañarme en todos los momentos de mi vida y por su deseo de verme triunfar en el ámbito profesional; Dios les bendiga.

Mis hermanos

Norma, Cristina, Patricia, Yanira, Rebeca, Enrique, y Ángel. Por ser ellos inspiradores en la lucha por alcanzar mis metas.

Sobrinos

Que mi triunfo sea un ejemplo para ellos.

Saira Fuentes

Por su amor y comprensión, que Dios te bendiga.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Aspectos monográficos de San Cristóbal Ixchiguán, San Marcos	1
1.1.1. Aspectos históricos	1
1.1.1.1. Origen del nombre	1
1.1.2. Aspectos físicos	2
1.1.2.1. Extensión territorial	2
1.1.2.2. Ubicación geográfica	2
1.1.2.3. Distancia relativa	2
1.1.2.4. Colindancias	3
1.1.2.5. Población	3
1.1.2.6. Clima	5
1.1.2.7. Actividades económicas	5
1.1.3. Servicios	6
1.1.3.1. Vías de acceso	6
1.1.3.2. Agua potable	7
1.1.3.3. Drenaje	8
1.1.3.4. Centros educativos	8
1.1.3.5. Centros de salud	9

1.2.	Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicio	10
1.2.1.	Descripción de las necesidades	10
1.2.2.	Justificación social	11
1.2.3.	Justificación económica	12
1.2.3.1.	Priorización de las necesidades	12
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	13
2.1.	Diseño de pavimento en aldea Tuichán, municipio de San Cristóbal Ixchiguán, San Marcos	13
2.1.1.	Preliminar de campo	13
2.1.1.1.	Levantamiento topográfico de preliminar	13
2.1.1.2.	Planimetría	13
2.1.1.3.	Altimetría	14
2.1.1.4.	Secciones transversales	14
2.1.2.	Dibujo de preliminar	15
2.1.2.1.	Planimétrico	15
2.1.2.2.	Altimétrico, curvas de nivel	15
2.1.3.	Normas para el estudio y proyección geométrica de carreteras	16
2.1.3.1.	Normas generales para el alineamiento horizontal	17
2.1.3.2.	Normas AASHTO	17
2.1.3.3.	Normas ASTM	17
2.1.3.4.	Normas COGUANOR	18
2.1.4.	Diseño geométrico de carreteras	18
2.1.4.1.	Alineamiento horizontal y vertical	18
2.1.4.2.	Diseño de curvas horizontales	19
2.1.4.3.	Diseño de curvas verticales	23

2.1.4.4.	Diseño de localización	27
2.1.4.5.	Diseño de la sub-rasante	28
2.1.4.6.	Ancho de corona	29
2.1.5.	Movimiento de tierras	29
2.1.5.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales	29
2.1.5.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	30
2.1.6.	Estudio de suelos	32
2.1.6.1.	Análisis para la clasificación del suelo	32
2.1.6.2.	Ensayos de laboratorio	33
2.1.6.2.1.	Límites de Atterbeg	33
2.1.6.2.2.	Densidad máxima y humedad óptima	34
2.1.6.3.	Análisis para determinación de resistencia	36
2.1.6.3.1.	Ensayo de valor soporte del suelo (C.B.R.)	36
2.1.6.3.2.	Análisis granulométrico	37
2.1.7.	Diseño de pavimento rígido	38
2.1.7.1.	Teoría de diseño de pavimento rígido	38
2.1.7.2.	Módulo de reacción de sub-rasante (k)	41
2.1.7.3.	Módulo de ruptura del concreto (Mr)	42
2.1.7.4.	Diseño de juntas	43
2.1.7.4.1.	Tipos de juntas	43
2.1.7.5.	Diseño de espesor del pavimento	46
2.1.7.6.	Conformación y curado del pavimento	50
2.1.7.6.1.	Curado del concreto	51
2.1.8.	Normativa de diseño	51
2.1.8.1.	Pavimento de concreto	51
2.1.8.2.	Materiales	52
2.1.8.3.	Equipo de colocación de pavimento	54
2.1.8.3.1	Colocación y compactación del concreto	55

2.1.9. Obras de Protección	56
2.1.9.1. Obras pluviales	56
2.1.9.2. Cunetas	57
2.1.9.3. Contra cunetas	58
2.1.9.4. Drenaje transversal	58
2.1.9.4. Estudio ambiental	59
2.1.10. Presupuesto y cronograma de ejecución	62

2.2 Diseño del instituto básico en el caserío El Plan, Municipio de San Cristóbal Ixchiguán, departamento de San Marcos.

2.2.1 Descripción del proyecto	65
2.2.2 Investigación preliminar	65
2.2.3 Diseño arquitectónico	66
2.2.3.1 Criterios de conjunto	66
2.2.3.2 Criterios de iluminación	67
2.2.3.3 Ubicación del edificio en el terreno	68
2.2.3.4 Distribución de ambientes	68
2.2.3.5 Altura del edificio	68
2.2.3.6 Selección del sistema estructural al usar	69
2.2.4 Análisis estructural	69
2.2.4.1 Predimensionamiento estructural	70
2.2.4.2 Modelos matemáticos de marcos dúctiles	75
2.2.4.3 Cargas aplicadas a los marcos dúctiles	76
2.2.4.3.1 Cargas verticales en marcos dúctiles	76
2.2.4.3.2 Cargas horizontales en marcos dúctiles	78
2.2.4.4 Análisis de marcos dúctiles por medio de software (ETABS)	85
2.2.4.4.1 Resumen general del programa de computadora ETABS educacional	86

2.2.4.5	Momentos últimos por envolvente de momentos	93
2.2.4.6	Diagrama de cortes últimos en marcos dúctiles	94
2.2.5	Diseño estructural	95
2.2.5.1	Diseño de losas	95
2.2.5.1.1	Losas nivel 1	96
2.2.5.1.2	Losas nivel 2	102
2.2.5.2	Diseño de vigas	103
2.2.5.2.1	Diseño de viga 1	104
2.2.5.3	Diseño de columnas	107
2.2.5.4	Diseño de cimientos	118
2.2.6	Planos constructivos	122
2.2.6.1	Diseño de instalaciones	122
2.2.6.1.1	Instalaciones hidráulicas	122
2.2.6.1.2	Instalaciones eléctricas	123
2.2.7	Presupuesto y cronograma de ejecución	123
CONCLUSIONES		127
RECOMENDACIONES		129
BIBLIOGRAFÍA		131
APÉNDICE		133

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Elementos de curva horizontal	19
2. Ejemplo de curva horizontal	23
3. Curva vertical cóncava	25
4. Curva vertical convexa	25
5. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	31
6. Ensayo de proctor	35
7. Ensayo de CBR	36
8. Ensayo granulométrico	38
9. Planta típica, edificio de aulas	73
10. Marco dúctil típico sentido X, edificio de aulas	74
11. Marco dúctil típico sentido Y, edificio de aulas	74
12. Criterios para dibujar modelos matemáticos de marcos	75
13. Modelo matemático, marco dúctil típico sentido X	77
14. Modelo matemático, marco dúctil típico sentido Y	77
15. Centro de masa y centro de rigidez	82
16. Diagrama de momentos de CV+ CM y diagramas de fuerza de sismo en marcos dúctiles eje Y, ejes A, B, C, D, E, F, G.	87
17. Diagrama de momentos de carga viva + carga muerta, eje X	90
18. Diagrama de momentos de fuerzas de sismo eje X	91
19. Diagrama de corte de CM+CV, marco dúctil eje Y	92
20. Diagrama de corte de CM+CV en marco dúctil eje X	92
21. Envolvente de momentos para marcos críticos	93
22. Diagrama de corte último eje Y	94
23. Diagrama de corte último eje X	94
24. Planta típica de distribución de losas	97

25. Distribución de momentos losa nivel 1	98
26. Momentos balanceado nivel 1	100
27. Momentos balanceado losa nivel 2	102
28. Sección de columna tipo A	114

TABLAS

I. Población total de aldea Tuichán	4
II. Población total de caserío El Plan	4
III. Necesidades sentidas en aldea Tuichán	11
IV. Necesidades sentidas en caserío El Plan	11
V. Valores de K, para curvas cóncavas y convexa	26
VI. Taludes recomendados en cortes y rellenos	30
VII. Resistencia de suelo	35
VIII. Clasificación de vehículos según categoría de carga por eje	39
IX. Tipos de suelos de sub.-rasante y valores de K	41
X. Valores de K para diseños sobre bases no tratadas	42
XI. TPDA, permisible, cargas por eje categoría 1	49
XII. Espesores estimados de bases según su uso	50
XIII. Peraltes mínimos de vigas o losas	71
XIV. Integración de cargas por nivel	79
XV. Integración de fuerzas por nivel	80
XVI. Cálculo de centro de rigidez	81
XVII. Área de acero requerida para losa típica nivel 1	101
XVIII. Área de acero requerida para losa típica nivel 2	102

LISTA DE SÍMBOLOS

A_1	Área uno
A_s	Área de acero
CM	Carga muerta
CV	Carga viva
d	Peralte efectivo
E	External
H_i	Altura del instrumento
INE	Instituto Nacional de Estadística
K	Constante que depende de las velocidades del diseño
L_c	Longitud de curva
γ_c	Peso específico del concreto
ρ	Cuantía de acero
ρ_{min}	Cuantía de acero mínima
ρ_{bal}	Cuantía de acero balanceada
β	Relación de dimensión larga a corta de luces para losas
\emptyset	Factor de reducción de resistencia
δ	Factor de amplificación de momentos
S	Espaciamiento
t	Espesor

GLOSARIO

AASTHO	Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transportes.
ASTM	Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales.
Altimetría	Es el conjunto de trabajos realizados para obtener la diferencia de nivel entre puntos diferentes, cuyas distancias horizontales son conocidas. Por diferencia de nivel se entiende como una distancia medida verticalmente.
Base	Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito.
Cimentación	Subestructura destinada a soportar el peso de la construcción que gravitara sobre ella, la cual transmitirá sobre el terreno las cargas correspondientes de una forma estable y segura.
COGUANOR	Normas guatemaltecas para la construcción.
Cubierta:	Es la parte de la edificación que cierra y protege superiormente al edificio, lo mismo que los muros perimetrales, contra inclemencias del ambiente exterior, como son: el frío, el calor, la lluvia, etc.

Deflexión	El desplazamiento vertical temporal de un pavimento proveniente de la aplicación de cargas de las ruedas de los vehículos.
Ductilidad	Capacidad de deformarse sin fractura en el rango inelástico, que presentan algunos materiales.
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.
Esfuerzo	Magnitud de una fuerza por unidad de área.
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.
ETABS	Es un programa de análisis y diseño estructural basado en el método de los elementos finitos especiales características para el análisis y diseño estructural de edificaciones.
Excentricidad	Es la distancia del centro de masa al centro de rigidez.

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 ante de producirse la falla. Como es el caso del acero a refuerzo.
Hombros	Las áreas de la carretera, continuas y paralelas a la carpeta o superficie de rodadura, que sirven de confinamiento a la capa de la base y de zona de estacionamiento accidental de los vehículos.
Juntas:	Es el espacio dejado entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debidos a la expansión y contracción del material constituyente de las losas.
Longitud desarrollo	Es la mínima medida de una varilla anclada al concreto, para evitar que falle por adherencia.
Mampostería:	Sistema constructivo tradicional compuesto por piedras naturales sin labrar o ligeramente labradas, unidas entre si de forma manual.
Momento	Esfuerzo al que está sometido un cuerpo, resultado de la aplicación de una fuerza a "X" distancia de su centro de masa.

Pavimento:	La estructura integral de las capas de subrasante, sub-base, base y carpeta colocada en cima de la rasante y destinada a sostener las cargas vehiculares.
Peso específico	Se define como el peso por unidad de volumen.
Planimetría	Es el conjunto de trabajos realizados para obtener una representación gráfica del terreno sobre un plano horizontal, suponiendo que no existe la curvatura terrestre. Esta representación o proyección se denomina plano. Sirve para la localización en planta de la línea de conducción y red de distribución.
Rigidez	Capacidad de resistencia de un elemento estructural a la deformación.
Subrasante:	Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.
Tándem	Tipo vehículo que transporta un contenedor.
Tránsito	Circulación de personas y vehículos por las calles, carreteras, etc.

RESUMEN

Con el ejercicio profesional supervisado se realiza un trabajo práctico, en el que se beneficia a pobladores de una comunidad, en este trabajo de graduación, se desarrolla el diseño del pavimento para la aldea Tuichán y un edificio escolar de nivel básico para el caserío El Plan del municipio de San Cristóbal Ixchiguán, San Marcos. El documento consta de dos capítulos compuestos de la siguiente manera:

Se desarrolló la fase de investigación, que incluye la monografía del lugar en estudio, así como un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura

Luego se realiza la fase del servicio técnico profesional, el cual está conformado en dos secciones, en la primera está el diseño del pavimento rígido, y en la segunda, el diseño del edificio escolar para el nivel básico; dichas secciones cuentan con una descripción de la situación actual, normas y/o método de diseño.

También se describen los aspectos técnicos, que intervienen en el diseño; los criterios utilizados para el cálculo y la elaboración del presupuesto de cada uno de los proyectos.

OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar una investigación de tipo monográfica con sus características geográficas, sociales, de servicio, de producción y demográficas, incluyendo una investigación diagnóstica de las necesidades de servicios básicos e infraestructura en el municipio de Ixchiguán, San Marcos.

ESPECÍFICOS

1. Diseñar el pavimento del acceso principal para aldea Tuichán, para mejorar las condiciones de vida de los pobladores, obteniendo como resultado, una calle totalmente transitable en todas las épocas del año.
2. Planificar la construcción de un edificio de nivel básico, en el caserío El Plan, municipio de San Cristóbal Ixchiguán, departamento de San Marcos. Con el que los estudiantes gozarán de unas adecuadas y seguras instalaciones educativas.
3. Orientar al personal técnico de la Municipalidad y al Comité de las comunidades, sobre la ejecución de cada proyecto para que puedan cumplir con el tiempo de vida estimado en el diseño.

INTRODUCCIÓN

El municipio de San Cristóbal Ixchiguán se encuentra ubicado a 46 km de la cabecera departamental de San Marcos; en dicho municipio se desarrollarán dos proyectos uno de ellos es pavimentar la calle principal de la aldea Tuichán y el otro diseñar un instituto de nivel básico en el caserío El Plan.

Lo planteado en este proyecto es la aplicación del conocimiento teórico adquirido durante la formación académica, basándose en un diagnóstico preliminar derivado de inspecciones técnicas, realizadas en los lugares antes mencionados, y enfocándose básicamente en las actividades siguientes: monografía del lugar, análisis general de la comunidad, levantamiento topográfico, estudio de suelo, diseño del pavimento, diseño del edificio educativo, cuantificaciones y elaboración de planos.

Debido a que es una población en vías de desarrollo, la pavimentación del acceso principal en aldea Tuichán beneficiará a todo el sector, por ello en la segunda parte del trabajo de graduación se desarrolla la planificación detallada del proyecto.

La parte última contiene el procedimiento de diseño de las instalaciones del edificio de instituto básico, en el caserío El Plan, utilizando los conocimientos correspondientes de la rama de la ingeniería civil. Para el efecto se aplicó, como método de análisis estructural, el método de elementos finitos utilizando el programa de computadoras ETABS; para el cálculo de fuerzas de sismo, el método SEAOC y se diseñaron todos los elementos estructurales: columnas, vigas, zapatas y losas, siguiendo las recomendaciones del reglamento para las construcciones de concreto estructural ACI 318-2005.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Aspectos monográficos de San Cristóbal Ixchiguán, San Marcos

1.1.1 Aspectos históricos

El Municipio de Ixchiguán es uno de los veintinueve municipios con los que cuenta el departamento de San Marcos. El área que ocupa Ixchiguán adquirió su condición de municipio el 9 de agosto de 1933, según Acuerdo Gubernativo y su primer alcalde fue don Florencio Chilel.

1.1.1.1 Origen del nombre

El nombre Ixchiguán, proviene de la palabra Schigua, que era un arbusto que crecía en el lugar que ahora ocupa Ixchiguán y que los antiguos moradores utilizaban para alimentar a sus ovejas.

Históricamente a mediados del siglo XVIII (1750), llegaron al territorio que ahora ocupa el municipio de Ixchiguán, varias familias del pueblo de Tajumulco dedicados a la crianza de ovejas y como este territorio ofrecía suficiente pastura, hizo que muchas personas fueran llegando cada vez más hasta que muchos de ellos se instalaron y dieron origen a este municipio.

En la cabecera municipal se celebra la fiesta en honor al patrono San Cristóbal de Jesús, los días 27 al 30 de julio, cada año se celebra la fiesta del Quinto Viernes de Cuaresma, pero con fechas variables, en donde la celebración se realiza con actividades relevantes: religiosas, deportivas y socio culturales.

1.1.2 Aspectos físicos

1.1.2.1 Extensión territorial

El municipio tiene una extensión territorial de 184 kilómetros cuadrados y está integrado por un pueblo, 22 caseríos, 15 cantones y 6 aldeas.

Ixchiguán es el municipio más joven del departamento de San Marcos. Tiene 72 años desde su fundación; además es un municipio que goza de privilegios, debido a que está geográficamente ubicado en un lugar estratégico que le permite, ser el paso para otros municipios del Altiplano Marquense.

1.1.2.2 Ubicación geográfica

El municipio de Ixchiguán forma parte del departamento de San Marcos, localizándose en la parte norte de la cabecera departamental y al nor-occidente de la Ciudad Capital de Guatemala. La cabecera municipal se localiza en las coordenadas 16° 18' 11" latitud Norte y 92° 10' 26" longitud Oeste.

La aldea Tuichán se encuentra localizada en las coordenadas latitud Norte 15° 04' 25" y longitud Oeste 91° 51' 08". El caserío El Plan se encuentra ubicado en las coordenadas 15° 09' 44" latitud Norte y longitud Oeste 91° 53' 45" respectivamente.

1.1.2.3 Distancia relativa

La distancia de la Ciudad Capital de Guatemala a la cabecera del municipio es de 250 kilómetros y la distancia que hay de la cabecera departamental de San Marcos al municipio, es de 46 kilómetros.

Aldea Tuichán se encuentra a una distancia de 10 kilómetros de la cabecera municipal de Ixchiguán; a 36 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos, y a 286 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala.

EL caserío El Plan se encuentra a una distancia de 2 kilómetros de la cabecera municipal de Ixchiguán; a 48 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a 298 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala.

1.1.2.4 Colindancias

Ixchiguán limita al norte con el municipio de Concepción Tutuapa y San José Ojetenam; al sur, con el municipio de Tajumulco; al poniente con los municipios de Sibinal y Tacaná; y al oriente, con el municipio de Tejutla y la cabecera departamental de San Marcos.

Aldea Tuichán limita al norte con Nuevos Horizontes, al sur con la aldea San Sebastián, al este con el Municipio de Tajumulco y al oeste con el Municipio de Tejutla. El caserío El Plan limita al norte con el caserío San Isidro, al sur con Nueva Esperanza, al este con aldea Calapté y al oeste con el caserío Las Manzanas.

1.1.2.5 Población

El municipio de Ixchiguán cuenta con una población de 24,329 habitantes, según el censo poblacional realizado por la Oficina Municipal de planificación. El 88.9% de la población es de origen Maya-Mam, aunque hay una minoría de personas que son de origen Quiche, por tal razón en el municipio se hablan los idiomas Mam y Quiche. El 11.10% es de origen ladino.

La Oficina Municipal de Planificación, ha realizado una actualización de datos poblacionales en el municipio, por lo que los datos que presenta el INE, no son reales de acuerdo con la actualidad del municipio.

La distribución poblacional para aldea Tuichán y para el caserío El Plan por grupo de edades, es la siguiente:

Tabla I. Población total de aldea Tuichán			
Grupo por edad	Número de habitantes		
	Hombres	Mujeres	Total
De 0 a 4 años	41	68	109
De 5 a 9 años	105	94	199
De 10 a 14 años	118	54	172
De 15 a 19 años	104	101	205
De 20 a 24 años	73	60	133
De 25 a 34 años	73	94	167
De 35 a 44 años	75	75	150
De 45 a 54 años	49	47	96
De 55 a 64 años	37	32	69
De 65 años o más	12	6	18
Total de habitantes			1318
Fuente: Oficina Municipal de Planificación Ixchiguán S.M. 2007			

Tabla II. Población total del caserío El Plan			
Grupo por edad	Número de habitantes		
	Hombres	Mujeres	Total
De 0 a 4 años	30	29	59
De 5 a 9 años	38	26	64
De 10 a 14 años	39	35	74
De 15 a 19 años	43	42	85
De 20 a 24 años	18	10	28
De 25 a 34 años	18	18	36
De 35 a 44 años	18	18	36
De 45 a 54 años	18	18	36
De 55 a 64 años	10	10	20
De 65 años o más	6	6	12
Total de habitantes			450
Fuente: Oficina Municipal de Planificación Ixchiguán S.M. 2007			

1.1.2.6 Clima

El territorio de este municipio corresponde a las tierras altas cristalinas del altiplano central con montañas y colinas. Cuenta con una altitud de 3,200 msnm, su clima es frío, especialmente en la cabecera municipal; no así sus aldeas que registran temperaturas menos frías. Ixchiguán es el pueblo más frío de Centro América que se encuentra habitado.

La temperatura media oscila entre los cinco grados centígrados. La temperatura máxima puede llegar a los 18 grados y la temperatura mínima a 3 grados bajo cero.

La precipitación por su ubicación geográfica va de los 2,000 mm en las partes altas y en las partes bajas puede llegar a los 4,000 mm anuales. Los días de lluvia anuales van de los 120 a 180 días al año. La humedad relativa en esta área va del 70 al 85 %. En las tardes generalmente hay neblinas.

1.1.2.7 Actividades económicas

Las condiciones agro-ecológicas no son aptas para el cultivo de productos anuales, por necesidad y costumbre, la mayoría de los habitantes del municipio cultivan papa, maíz y frijol.

Uno de los principales productos de exportación es la papa, misma que se exporta al país vecino de El Salvador, de igual manera el municipio es el proveedor más importante de algunos Restaurantes de comida rápida a nivel nacional, como McDonalds.

En la cabecera municipal de Ixchiguán la plaza de actividad comercial es el día sábado y es cuando las comunidades se dedican a las actividades de compra y venta de sus productos tanto agrícolas como pecuarios, a esta también acuden comerciantes de Tacaná, San José Ojetenam, Sibinal, San Pedro Sacatepéquez, entre otros municipios.

En el caserío Buenos Aires, se lleva a cabo la segunda plaza comercial más importante en el municipio, se celebra el día martes, que permite que la mayoría de agricultores puedan dar a conocer sus productos y tener ganancias para el ingreso económico familiar.

En el municipio no hay fuentes de trabajo, esto hace que los jóvenes tengan que emigrar a trabajar a Tapachula y México, como jornaleros en el corte de café y las mujeres en oficios domésticos.

1.1.3 Servicios

1.1.3.1 Vías de acceso

El municipio de Ixchiguán se encuentra ubicado geográficamente en un lugar estratégico, en relación con el sistema vial de comunicación entre los municipios que lo rodean, ya que los buses colectivos que conducen de la cabecera departamental a Tacaná, Sibinal y San José Ojetenam, necesariamente deben pasar por el municipio; situación que le favorece debido a que hay transporte a menos de treinta minutos y esto permite la comercialización de algunos productos; pero también desfavorece, debido a que todo el transporte pesado y extra urbano que se conduce a los otros municipios pasa por el centro de éste, provocando el mal estado de las calles principales de Ixchiguán

Existen varias líneas de transporte colectivo como buses extra urbanos y micro buses, todos ellos con un control de horario ya definido. “La asociación de microbuseros de Ixchiguán”, la cual sella por nombre ASOMIC tiene ruta de Ixchiguán a San Marcos y viceversa.

Por otro lado, el sistema vial que conduce a las comunidades se detalla de la siguiente manera: el 90% de las comunidades cuenta con carretera de terracería, y un 10% de las comunidades rurales cuenta únicamente con acceso por veredas a pie o utilizando bestias de carga. Para trasportar los productos agrícolas, se puede decir que las carreteras son de tipo regular, ya que en tiempo de verano hace mucho polvo y se forman hondonadas, mismas que en invierno se vuelven intransitables por el lodo, por lo que los vehículos deben ser de doble tracción.

1.1.3.2 Agua potable

El servicio de agua potable lo goza una minoría de la población y el resto cuenta con servicio de agua entubada que es proporcionada una parte por medio del Gobierno Municipal y otra por los esfuerzos de los propios habitantes.

Las fuentes de abastecimiento de agua en las comunidades del municipio están constituidos por pozos, captación de ríos, agua de lluvia, agua potable y agua entubada; en estas condiciones, los habitantes están propensos a enfermarse por el tipo de abastecimiento ya que no se lleva ningún control de calidad del agua simplemente la hierven o la cloran.

1.1.3.3 Drenaje

Es visible que las condiciones sanitarias no son las adecuadas; la mala administración de las aguas residuales altera los sistemas ambientales, las aguas residuales escurren en forma superficial provocando un grado de contaminación considerable.

1.1.3.4 Centros educativos

Los servicios educativos en el municipio de Ixchiguán han mejorado en los últimos años, tal es el caso que para el presente año, ya se cuenta con una escuela por centro poblado, independientemente de que se impartan o no los 6 grados de primaria.

Las escuelas del nivel pre primario son 27, la mayoría anexas a la primaria, atendiendo a 685 niños y niñas en edades de 4 a 7 años, las cuales son atendidos por 41 maestras de educación pre primaria.

El nivel primario cuenta con un total de 45 escuelas atendiendo a 5,197 estudiantes y son atendidos por 158 maestros, tanto del área urbana como rural; por lo que cabe mencionar que ya no es difícil para la población en edad escolar acceder a la educación, sin embargo, debido al tamaño poblacional de algunas comunidades, así son los grados a impartir en la escuela; por ejemplo, hay escuelas en donde sólo se cuenta con un maestro, pero con todo y esto se puede decir que el municipio de Ixchiguán está cubierto en un 95% en educación primaria.

Se cuenta con 7 institutos básicos que funcionan en todo el municipio y de los siete establecimientos se atiende solo a un total de 568 alumnos, entre

jóvenes y señoritas, ya que en algunos de estos centros de educación básica no se imparten los tres grados, debido a que son institutos nuevos; sin embargo, conforme vaya creciendo la población escolar, así se irán cubriendo los grados. Es importante mencionar que todos estos establecimientos de educación básica son por cooperativa y que no todos cuentan con sus propias instalaciones.

Existe un Instituto Mixto Diversificado, donde se imparte la carrera de Maestro de Educación Primaria Rural, que atiende a un total de 150 alumnos, que funciona en la cabecera municipal. Como no existen diversas carreras de diversificado, los estudiantes tienen que viajar a los municipios cercanos para optar a una educación de acuerdo a sus intereses.

1.1.3.5 Centros de salud

Las gestiones de búsqueda de financiamiento que se han hecho para mejorar el servicio de salud en el municipio, han dado sus frutos por lo que hoy se cuenta con 2 respuestas favorables en este sentido.

La primera de ellas corresponde al financiamiento que el MSP&AS aprobó para la apertura de un Centro de Atención Integral Materno Infantil CAIMI, el cual contempla la contratación de médicos especialistas, enfermeros y equipamiento para el mismo; éste funciona en las instalaciones del puesto de salud y ocupa 2 edificios más que pertenecían a la Municipalidad y que fueron otorgadas a este mismo Ministerio a través de un Acuerdo Municipal, para que la atención se diera a nivel de la región de los municipios de Sibinal, San José Ojetenam, Tajumulco y Tacaná, todos del departamento de San Marcos y Tectitán del departamento de Huehuetenango con atención las 24 horas.

La segunda respuesta favorable para mejorar el servicio de salud fue una donación por parte de La Secretaria de Bienestar Social de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, España. Como un proyecto de emergencia y ayuda humanitaria, el cual tiene como propósito atender la inseguridad alimentaría nutricional de niñas y niños menores de 5 años, en 16 comunidades, para establecer su estado de salud y estado nutricional.

Además de las gestiones que el gobierno municipal ha hecho, La Pastoral de la Tierra, beneficia a este municipio con una clínica médica, la cual está abierta al público sólo los días miércoles; el personal que atiende es un médico que da consulta general. Cuentan también con una farmacia donde venden medicinas a bajo precio, la cual es atendida por un promotor de salud, quien se encarga del laboratorio clínico.

1.2 Investigaciones diagnósticas sobre necesidades de servicio

1.2.1 Descripción de las necesidades

El proceso de identificación de necesidades, alternativas de solución y priorización de los proyectos comunitarios, se realizó en una asamblea en el centro de las aldeas, caseríos y cantones pertenecientes al municipio en la cual participaron comunitarias y comunitarios; quienes a través de una boleta estructurada y en trabajo de grupo, analizaron la situación actual y el futuro que desean para sus comunidades, priorizando los proyectos que consideran que deben ser atendidos por las autoridades para lograr el desarrollo comunitario.

De acuerdo con los aportes y consenso de los grupos de vecinos y vecinas que asistieron a la asamblea, las necesidades expresadas de forma general para las comunidades en estudio, son:

Tabla III. Necesidades sentidas en aldea Tuichán	
Núm.	Necesidad
1	Pavimento de carretera principal
2	Construcción de salón comunal
3	Puesto de salud / Unidad Mínima de salud
4	Mejoramiento de edificio de escuela primaria
5	Construcción de instituto básico de dos niveles.

Tabla IV. Necesidades sentidas en caserío El Plan	
Núm.	Necesidad
1	Construcción de edificio para Instituto Básico
2	Construcción de proyecto de agua potable y saneamiento ambiental
3	Compra de predio para cementerio
4	Construcción de auxiliatura y su equipamiento
5	Construcción de salón comunal grande*

1.2.2 Justificación social

Las comunidades de aldea Tuichán y el caserío El Plan contarían con un servicio básico, funcional y accesible, contando con el apoyo del gobierno en el cumplimiento de sus derechos. Se contribuiría a tener una alternativa no sólo en salud, saneamiento y vías de acceso sino también de aprendizaje con el fomento de nuevos valores, ofreciendo la oportunidad de dar a conocer al municipio con la participación de sus estudiantes, garantizándoles también la oportunidad de una mejor preparación.

1.2.3 Justificación económica

Las condiciones socio-económicas a nivel de todo el municipio son limitadas, con índices altos de pobreza. El 70 % de la población trabaja en cultivos tradicionales, tales como: zanahoria, maíz, haba, trigo y papa, que en un 90% son para consumo familiar, exceptuando la papa. Otros se dedican a la comercialización, manejando capitales bajos. Los ingresos familiares oscilan entre Q. 500.00 y 600.00 mensuales.

1.2.3.1 Priorización de las necesidades

En aldea Tuichán su acceso principal se encuentra en condiciones precarias y este problema se agudiza en época de invierno, por lo que se determinó junto a las autoridades edilicias, la pavimentación de la calle principal, ya que es una comunidad de las más grandes en el municipio. En el caserío El Plan se plantea como necesaria la construcción del edificio de educación básica, debido que en el lugar usan la escuela del nivel primario para impartir estas clases y ésta no se encuentra en condiciones adecuadas para los estudiantes por su estado en deterioro.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Diseño de Pavimento en aldea Tuichán, municipio de San Cristóbal Ixchiguán, San Marcos

2.1.1 Preliminar de campo

2.1.1.1 Levantamiento topográfico de preliminar

La selección de ruta es la etapa de mayor importancia de un proyecto de pavimento, pues ésta consta de dos puntos fijos: el inicial y el final; entre los cuales se pueden definir varias alternativas de ruta, las que se podrían evaluar someramente en costos, para tomar la que se adapte mejor a las condiciones sociales, económicas, al transporte promedio diario que circularía al ponerse en servicio y al derecho de vía con que se pueda contar.

2.1.1.2 Planimetría

Es el conjunto de trabajos efectuados en el campo para tomar los datos geométricos necesarios que permitan ilustrar una figura semejante a la del terreno, proyectada sobre un plano horizontal; para el levantamiento planimétrico se utilizó el método de conservación de azimut, con vuelta de campana, utilizando para ello, un teodolito marca Sokkisha con 0°00'20" de precisión, una plomada una estadía, cinta métrica y estacas.

2.1.1.3 Altimetría

Consiste en pasar una nivelación en todos los puntos señalados por el levantamiento planimétrico, al fijar bancos de marca a cada 500 metros, los que deben ser ubicados en puntos permanentes o en monumentos de concreto, en los cuales se debe anotar la estación, la elevación y las distancias acumuladas. Como cota de salida se fijará una arbitraria entera, la cual se recomienda sea un valor que al hacer el cálculo, no permita obtener cotas negativas.

Es recomendable ir dibujando el perfil que se ha levantado en el día, con el objeto de apreciar si tiene una forma congruente a la realidad y si cumple con las especificaciones de pendientes máximas permisibles.

2.1.1.4 Secciones transversales

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar las elevaciones transversales de la faja de terreno, que se recomienda sea como mínimo de 40 metros; es decir, 20 metros a cada lado a partir de la línea central definida en el levantamiento planimétrico. Éstas deberán ser medidas en forma perpendicular al eje y niveladas con nivel de mano con un clinómetro, midiendo la distancia horizontal a que se está nivelando cada punto.

Cuando la sección transversal tope con un obstáculo imposible de superar, como un peñasco, una casa, un paredón, etc., no es necesario prolongar, sino que se anotará en la columna de observaciones el tipo de obstáculo y su altura o profundidad aproximadas.

En los puntos de intersección transversal se medirá sobre la bisectriz del ángulo interior de la poligonal abierta; también deberán medirse secciones

transversales en los fondos de los zanjones y en los lugares donde deba ir tubería de drenaje transversal, así como donde haya obstáculos tales como casas.

2.1.2 Dibujo de preliminar

2.1.2.1 Planimétrico

El cálculo de la topografía se efectúa en gabinete y consiste en conocer las coordenadas parciales y totales de cada vértice que compone la poligonal abierta, con la finalidad de contar con la información suficiente para efectuar con facilidad la localización de ruta, los corrimientos de línea y otros factores que se explicarán más adelante.

2.1.2.2 Altimétrico, curvas de nivel

Con los datos obtenidos en el campo se procede a calcular las cotas de cada punto marcado como máximo a 20 metros, sobre la línea central del levantamiento planimétrico.

Los datos que se obtuvieron en el campo son el caminamiento, vista atrás, vista intermedia y punto de vuelta; todo esto a partir de una cota conocida. Tiene que calcularse la altura del instrumento para cada punto de vuelta y la cota.

2.1.3 Normas para el estudio y proyección geométrica de Carreteras

Al realizar el trabajo de campo, se inicia el estudio para fijar el eje de la carretera o diseño de la línea de localización. Un trazo óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno, dependiendo del criterio adoptado, que a su vez depende del volumen de tránsito y la velocidad de diseño a utilizar.

Una vez fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico, se busca una combinación de alineamientos que se adapte a las condiciones del terreno y que cumpla con los requisitos establecidos. Existen factores que suelen forzar una línea influyendo en la determinación de los alineamientos horizontal y vertical de una carretera, por lo que es necesario tomar una serie de normas generales que ha surgido a través de la práctica y del sentido común.

Debido a la dependencia entre sí de los alineamientos, que debe de guardar una relación que permita la construcción con el menor movimiento de tierras posible y con el mejor balance entre los volúmenes de excavación y relleno a producirse, obligan en determinadas circunstancias, al no cumplimiento de estas normas, solamente cuando sean justificables por razones económicas; sin olvidar la importancia de estas recomendaciones para lograr el diseño de carreteras seguras y de tránsito cómodo.

2.1.3.1 Normas generales para el alineamiento horizontal

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría, mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir y constituyen la guía fundamental para la cuadrilla de topografía en el trazo de la carretera.

Tangente mínima: es la distancia entre dos curvas, la cual debe cumplir con la siguiente especificación:

$$Tg_{\min} = (Ls_1 + Ls_2) (0.5)$$

Donde Ls es la longitud espiral de curva

2.1.3.2 Normas AASHTO

Estas normas se refieren a las especificaciones de diseño de estructuras de pavimentos y carreteras.

2.1.3.3 Normas ASTM

Creada en 1898, Asociación Americana de Ensayos y Materiales (ASTM) Internacional es una de las mayores organizaciones en el mundo, que desarrollan normas voluntarias por consenso. ASTM es una organización que brinda un foro para el desarrollo y publicación de normas voluntarias por consenso, aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios.

2.1.3.4 Normas COGUANOR

Comisión Guatemalteca de normas COGUANOR; se refiere a normas de especificaciones, métodos de ensayo, muestreo, terminología y otras áreas, en los campos de alimentos, medicamentos, plaguicidas, materiales de construcción, productos del petróleo, y, en general a todo lo relativo a la seguridad y conservación de la seguridad y la vida.

2.1.4 Diseño geométrico de carreteras

2.1.4.1 Alineamiento horizontal y vertical

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad. Esta última, a su vez, controla la distancia de visibilidad.

El trazado en planta de un tramo, se compone de la adecuada combinación de los siguientes elementos: recta, curva circular y curva de transición.

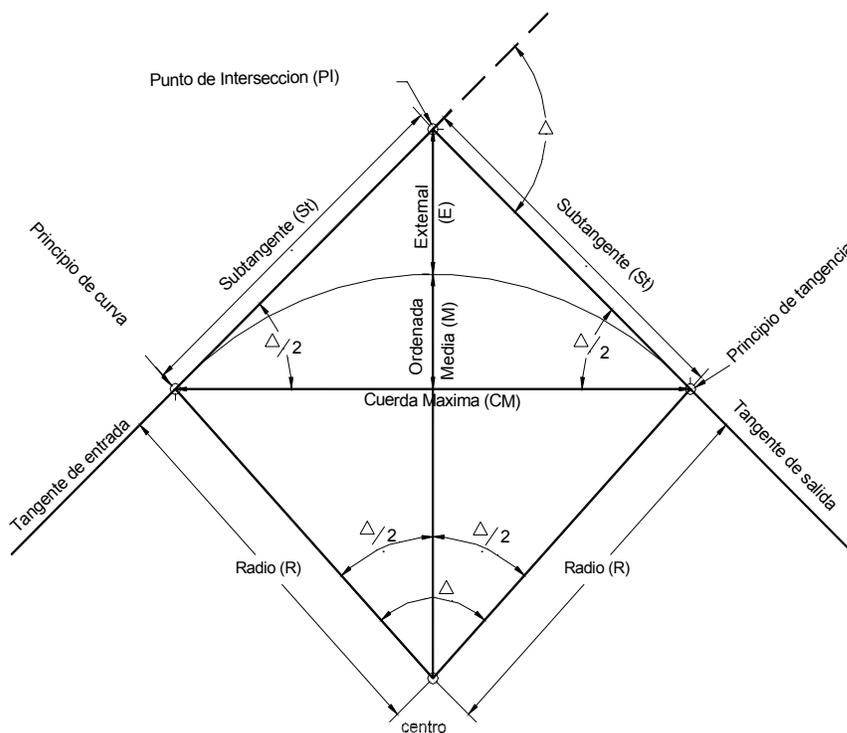
En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales, también la determinan las características topográficas del terreno, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

2.1.4.2 Diseño de curvas horizontales

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes, luego de calcular los puntos de intersección, las distancias y los azimut, se procede al cálculo de las partes de curva que servirán para el trazo de la carretera.

Una vez escogida la curva, se calculan sus elementos, entre los que se encuentran la subtangente (St), el largo de curva (Lc), el radio (R), el principio de curva (PC), el delta (∇), la cuerda máxima (CM), la ordenada media (Om), el external (E), el centro de la curva, el punto de intersección (PI), como se muestra en la figura siguiente:

Figura 1. Elementos de curva horizontal



Calculo de elementos de una curva horizontal

Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente. La dirección es el rumbo. La longitud mínima de una tangente horizontal es el promedio de las dos longitudes de transición de las dos curvas entre la tangente, que se requiere para combinar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona. En teoría, la longitud máxima puede ser indefinida, por ejemplo, en zonas muy llanas; sin embargo, en estas regiones se limita a 15 kilómetros por razones de seguridad, ya que las longitudes mayores causan somnolencia y dañan los ojos de los operadores.

Dos tangentes consecutivas del alineamiento horizontal se cruzan en un punto de inflexión (PI), formando entre sí un ángulo de deflexión (Δ), que está constituido por la continuación de la tangente de entrada hacia adelante del PI y la tangente de salida. En general, para cambiar la dirección de un vehículo de una tangente horizontal a otra se requieren curvas cuya longitud sea proporcional a la variación de la aceleración centrífuga, y con las cuales la aceleración centrífuga de los vehículos varíe de cero a un máximo hacia el centro y, luego, disminuya a cero al llegar a la tangente posterior.

Como no es posible utilizar una espiral para realizar el cambio, se utilizan dos, una de entrada y otra de salida, y se acostumbra colocar entre ellas una curva circular en la que no hay cambio de aceleración centrífuga, y que se identifica por su grado de curvatura.

El grado de curvatura, es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros. Dado que un ángulo de 360 subtiende un arco de $2\pi R$, el ángulo subtendido por un arco de 20 metros es:

$$360 / 2\pi R = G / 20$$

Por lo que:

$$G = 1145.9156 / R \quad \text{Grado de curvatura}$$

$$R = 1145.9156 / G \quad \text{Radio}$$

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener las distancias entre los PI de localización, los deltas calculados y el grado de curvatura (G), que será colocado por el diseñador

Longitud de Curva (LC): La longitud de curva es la distancia, siguiendo la curva, desde el PC hasta el PT. Se representa como LC.

$$\frac{LC}{2\pi R} = \frac{\Delta}{360} \Rightarrow LC = \frac{2\pi R \Delta}{360}$$

$$LC = \frac{2\pi * \frac{1145.9156}{G} * \Delta}{360} = \frac{2\pi * 1145.9156 * \Delta}{360 * G} = \frac{20 * \Delta}{G}$$

Subtangente (St): Es la distancia entre el PC y el PI y el PT, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como St.

$$St = R (\text{tg } \Delta/2)$$

Cuerda máxima (Cm): Es la distancia en línea recta desde el PC al PT. Se representa como Cm.

$$Cm = 2R (\text{sen } \Delta/2)$$

External (E): Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva. Se representa como E.

$$E = R (1 - \cos \Delta/2) / \cos \Delta/2$$

Ordenada Media (Om): Es la distancia entre el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima. Se representa como Om.

$$Om = R (1 - \cos \Delta/2)$$

Los elementos de una curva circular se muestran en la figura 1

Ejemplo:

Curva circular en el PI = 2+212.51

Datos: G propuesto = 38° $\Delta = 92^{\circ}03'02''$, es decir $\Delta = 92.0508$

Cálculo de los elementos de la curva.

$$R = \frac{1145.9156}{G} = R = 30.16 \text{ mts.}$$

$$LC = \frac{20 * \Delta}{G} = \frac{20 * 92.0508}{38} = 48.45 \text{ mts.}$$

$$St = R * (\tan(\frac{\Delta}{2})) = 30.16 * (\tan(92.0508/2)) = 31.25 \text{ mts.}$$

$$Cm = 2 * R * \text{Sen} \frac{\Delta}{2} = 2 * 30.16 * \text{sen} \frac{92.0508}{2} = 43.41 \text{ mts.}$$

$$Om = R * (1 - \cos(\frac{\Delta}{2})) = 30.16 * (1 - \cos(92.0508/2)) = Om = 9.22 \text{ mts.}$$

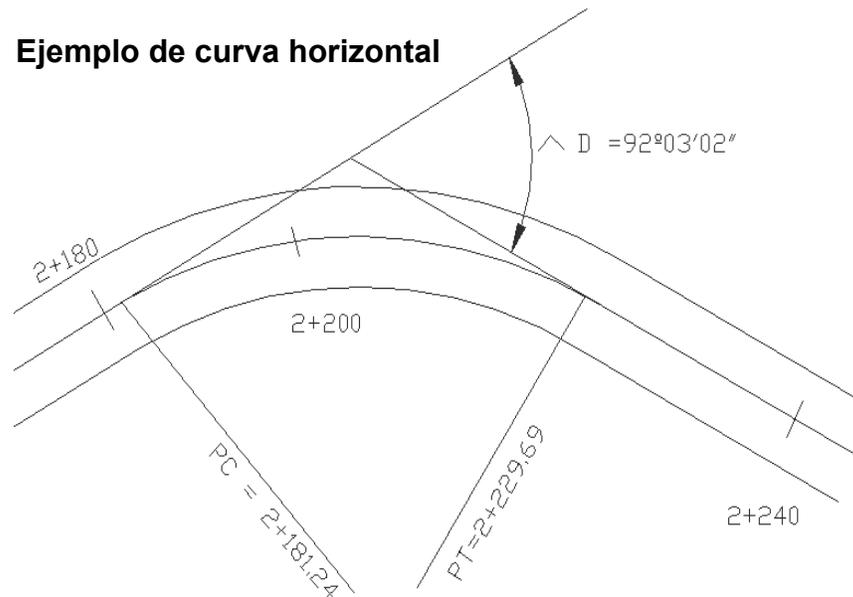
$$E = R * \frac{1 - \cos \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2}} = 30.16 * \left(\frac{1 - \cos(92.0508/2)}{\cos(92.0508/2)} \right) = 13.28 \text{ mts.}$$

Entonces:

$$PC = [2+212.51] - [2 + 31.25] = PC = 2 + 181.24 \text{ mts.}$$

$$PT = [2+181.24] + [2 + 48.45] = PT = 2 + 229.69 \text{ mts.}$$

Figura 2. Ejemplo de curva horizontal



Rangos de velocidad y cambios de velocidad.

Los rangos de velocidad dependen directamente de la topografía del terreno y de las necesidades del entorno, teniéndose entonces diferencias de velocidades en tramos contiguos, se admite una diferencia máxima de 20 Km/h entre las velocidades de tramos contiguos. En caso de superar esa diferencia debería intercalarse entre ambos, uno o varios tramos que cumplan esa limitación, y proporcionen un adecuado escalonamiento de velocidades.

2.1.4.3 Diseño de curvas verticales

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales; también la determinan las características topográficas del terreno, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

Pendiente positiva y negativa: se entiende por pendiente positiva aquella en la cual a medida que se avanza sobre la carretera, se incrementa la altura respecto del punto anterior; es decir se va hacia arriba en determinado tramo. Se entiende por pendiente negativa aquella en la cual a medida que se avanza sobre la carretera, decrece la altura respecto del punto anterior; es decir se va hacia abajo en determinado tramo.

Pendiente máxima: es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y queda determinada por el volumen, la composición del tránsito y la topografía del terreno. Se emplea cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos, siempre que no sobrepase la longitud crítica.

Pendiente mínima: se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula (0%), debido a que en ese caso actúa el drenaje transversal; en los cortes se recomienda el 2% mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en algunas ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial podría llevar a aumentarla.

Curvas verticales: su finalidad es proporcionar suavidad al cambio de pendiente, estas curvas pueden ser circulares o parabólicas aunque la más usada en nuestro país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno.

Longitudes de curvas verticales: en el momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de éstas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

En diseños de carreteras para áreas rurales, se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño. Lo anterior reduce considerablemente los costos del proyecto, ya que las curvas amplias conllevan grandes movimientos de tierra.

Valores k para visibilidad de parada

La longitud mínima de las curvas verticales, se calcula con la expresión siguiente:

$$L = k * A$$

Siendo:

A = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en %.

K = Parámetro de la curva, cuyo valor mínimo se especifica en la figura siguiente:

Figura 3. Curva vertical cóncava

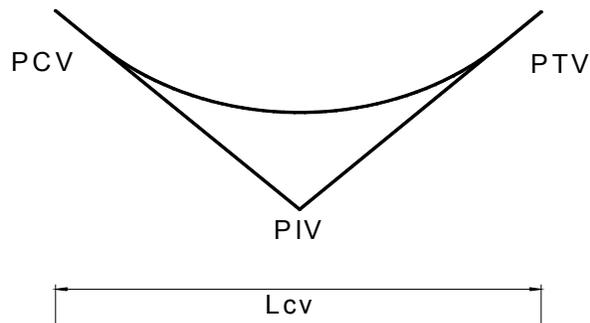
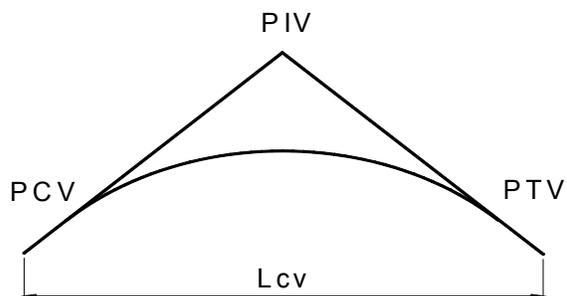


Figura 4. Curva vertical convexa



La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la tabla siguiente:

Tabla V. Valores de k para curvas cóncavas y convexas

Velocidad de diseño	Valores de K, según tipo de curva	
	En K.P.H.	Cóncava
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Curva cóncava: son curvas en descenso con ambas pendientes negativas denominadas cóncavas, también conocidas como curvas en columpio.

Curva convexa: son curvas en ascenso con ambas pendientes positivas denominadas convexas, conocidas como curvas en cresta.

Velocidades de diseño: las velocidades de diseño van de acuerdo con la velocidad de diseño de la planta y de allí que la D.G.C. ha tabulado valores constantes “k” para determinar la longitud mínima de las curvas verticales a usarse según la velocidad de diseño y si la curva es cóncava o convexa.

Cálculo de sub-rasante: las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, según su forma; la corrección máxima en la curva vertical es la ordenada media y puede calcularse con la fórmula siguiente:

Fórmula:
$$OM = \frac{P2 - P1}{800} * L.C.V.$$

OM = Ordenada media.

P1 = Pendiente de entrada

P2 = Pendiente de salida.

L.C.V.= Longitud de curva vertical

La corrección para cualquier punto en una curva vertical se obtiene de la fórmula siguiente:

$$Y = \frac{OM}{\left[\frac{L.V.C.}{2}\right]^2} * D^2 \qquad K = \frac{OM}{\left[\frac{L.V.C.}{2}\right]^2}$$

$$Y = K * D^2$$

Y = corrección en cualquier punto de la curva

D = distancia del punto intermedio de la curva a la estación deseada.

2.1.4.4 Diseño de localización

Para realizar estos cálculos se debe colocar en la planta las coordenadas totales de los puntos de intersección de la preliminar; además se deben colocar los rumbos y distancias de la línea preliminar; en la mayoría de los diseños horizontales existirán casos en donde la línea de localización coincida con la línea de preliminar. Cuando sea necesario se recurrirá a efectuar medidas gráficas para relacionar la línea de localización diseñada, con la línea preliminar colocada en el campo.

Luego de calcular las coordenadas de todos los puntos de intersección de localización, se procede a calcular las distancias y los rumbos entre los puntos de intersección entre dos rectas, conociéndose un punto de cada una de ellas y su dirección.

2.1.4.5 Diseño de la sub-rasante

La subrasante es la línea trazada en perfil que define las cotas de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria, la subrasante queda debajo de la sub-base, base y capa de rodadura, en proyectos de asfalto y debajo del balasto en proyectos de terracería.

En un terreno montañoso, el criterio técnico para definir la subrasante es no exceder la pendiente máxima oscilante entre el 14% y el 16%, ni la curvatura mínima permitida para el uso que se le dará a la carretera; lo que también se relaciona con la sección a utilizar y el tipo de terreno.

La sub-rasante define el volumen del movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución, por lo que la subrasante es el elemento que determina el costo de la obra; por esta razón, un buen criterio para diseñarla, es obtener la sub-rasante más económica. Es necesario apuntar que el relleno es mucho más costoso que el corte, por lo que hay que tomar en cuenta tal situación para definir lo óptimo.

Para calcular la sub-rasante, es necesario disponer de los siguientes datos:

- La sección típica que se utilizará.
- El alineamiento horizontal del tramo.
- El perfil longitudinal del mismo.
- Las secciones transversales.
- Las especificaciones o criterios que regirán el diseño.
- La clase de material del terreno.
- Los puntos obligados de paso.

2.1.4.6 Ancho de corona

Es la superficie de la carretera que queda comprendida entre las aristas del terreno y los interiores de las cunetas. Esta superficie es el espacio fundamental del diseño transversal del pavimento; pues, en ella se sitúan los elementos más importantes para la construcción de una carretera en el sentido transversal. Los elementos que definen el ancho de corona son: la rasante, ancho de calzada, pendiente transversal y los hombros.

2.1.5 Movimiento de tierras

2.1.5.1 Cálculo de áreas de secciones transversales

La topografía del terreno en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera, determina el volumen de movimiento de tierras necesario en la construcción de un proyecto carretero. Al tomar en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural; se marca con esta área de relleno y debajo del terreno natural, el área de corte, a partir de la cual se habrá de trazar la sección típica.

Se estimará el ancho de rodadura, con su pendiente de bombeo de 3% o el peralte que sea apropiado, si corresponde a un caminamiento en curva horizontal; así también el ancho del hombro de la carretera, con su pendiente, taludes de corte y relleno según se presente el caso, determinando su pendiente en razón con el tipo de material del terreno y la altura que precisen. Es de hacer notar que cuando sea necesario, se marcará un espacio de remoción de capa vegetal, que se cortará, en una profundidad aproximada de

30 cm. Éste se considera en un renglón diferente al corte para material de préstamo, no así cuando se considere corte de material de desperdicio.

El perfil exacto de la cuneta, por lo general se calcula aparte para considerarlo como excavación de canales, se mide o calcula el área enmarcada entre el trazo del perfil del terreno y el perfil que se desea obtener, clasificando así separadamente el corte y el relleno necesario.

Los taludes recomendados para el trazo de la sección típica, bien sea en corte o en relleno, se muestran a continuación:

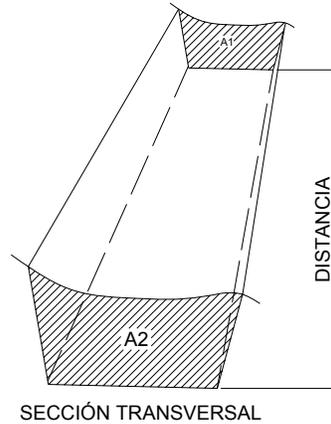
Tabla VI. Taludes recomendados en corte y relleno

CORTE		RELLENO	
ALTURA	H-V	ALTURA	H-V
0_3	2_1	0_3	2_1
3_7	1_2	>3	3_2
>7	1_3		

2.1.5.2 Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Cada una de las áreas calculadas constituye un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse; suponiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas; se obtienen así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Figura 5. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras



Formula:
$$Vol = \left[\frac{(Area1 + Area2) * Distancia}{2} \right]$$

Donde:

V = Volumen

A₁ = Área 1

A₂ = Área 2

Cuando en un extremo la sección tenga sólo área de corte y la otra solamente área de relleno, debe calcularse una distancia de pasos, donde teóricamente el área pasa a ser de corte a relleno. Éste se obtiene por medio de la interpolación de las dos áreas en la distancia entre ellas.

Las fórmulas que facilitan este cálculo son las siguientes.

$$Vol_{corte} = \left[\frac{(C_1 + C_2)}{2(C_1 + C_2 + R_1 + R_2)} \right] * D \quad Vol_{relleno} = \left[\frac{(R_1 + R_2)}{2(C_1 + C_2 + R_1 + R_2)} \right] * D$$

Donde:

C₁ = Área de corte en la primer sección

C₂ = Área de corte en la segunda sección

R₁ = Área de relleno en la primer sección

R₂ = Área de relleno en la segunda sección

2.1.6 Estudio de suelos

2.1.6.1 Análisis para la clasificación del suelo

Los ensayos de suelos son de mucha importancia para poder identificar qué tipo de suelo existe en el área de trabajo, de modo que puedan ser descritos y clasificados adecuadamente.

- **Gravas.** Consiste en cualquier material rocoso con un diámetro de partículas mayores de 0.5 cm. Las partículas más grandes se denominan piedras y rocas a las individuales mayores de 25 cm.
- **Arenas.** Es roca o material mineral granular que tiene más de la mitad de las partículas gruesas menores de 0.5 cm, las arenas pueden ser finas o gruesas y tener o no resistencia en ambos estados.
- **Limos.** Consisten en partículas de suelo muy finas, presentan una apariencia no granular, a la vista y al tacto. Tienen cualidades de compactación muy pobres, resistencia en estado húmedo y son permeables al agua.
- **Arcilla.** Es un material de suelo extremadamente fino, muy cohesivo, con alta resistencia en estado seco, buenas cualidades de trabajabilidad y compactación.
- **Materia orgánica.** Consiste de la descomposición parcial de vegetales y otras materias vivas. Generalmente se presenta como limo orgánico, turba, o arcilla orgánica.

2.1.6.2 Ensayos de laboratorio

2.1.6.2.1 Límites de Atterbeg

Las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o limosos pueden ser estudiadas aproximadamente por medio de pruebas simples, las más usuales se denominan límites de consistencia o de Atterbeg.

Un suelo arcilloso, con un alto contenido de agua, se comporta como un líquido. Al perder agua, va aumentando de resistencia hasta llegar a tener un estado plástico, fácilmente moldeable; al continuar el secado llega a adquirir un estado semisólido. Al continuar la pérdida de agua, pasa al estado sólido. Los cambios de estado se producen gradualmente y los límites fijados arbitrariamente entre ellos se denominan:

- **Límite líquido.** Lo fija el contenido de agua (expresado en porcentaje del peso seco), que debe tener un suelo moldeado para que una muestra del mismo, en que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos, se cierre sin resbalar en su apoyo.
- **Límite plástico.** Lo fija el contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa, no absorbente que puede ser una placa de vidrio.
- **Límite de contracción.** Es el contenido de agua que saturaría a un suelo contraído por secamiento de evaporación.

- **El índice plástico.** Es el más importante y el más usado y es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades, dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Tanto el límite líquido como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo.

Cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

2.1.6.2.2 Densidad máxima y humedad óptima

Para el estudio de suelos de carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Proctor Modificado, según AASHTO T-180, éste sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que ocurre cuando alcanzará su máxima compactación.

La masa de los suelos, está formada por partículas de sólidos y vacíos; si la masa de un suelo se encuentra suelta, tiene mayor número de vacíos, los que conforme se someta a compactación, van reduciéndose hasta llegar a un mínimo, es decir alcanza su menor volumen y su mayor peso, esto se conoce

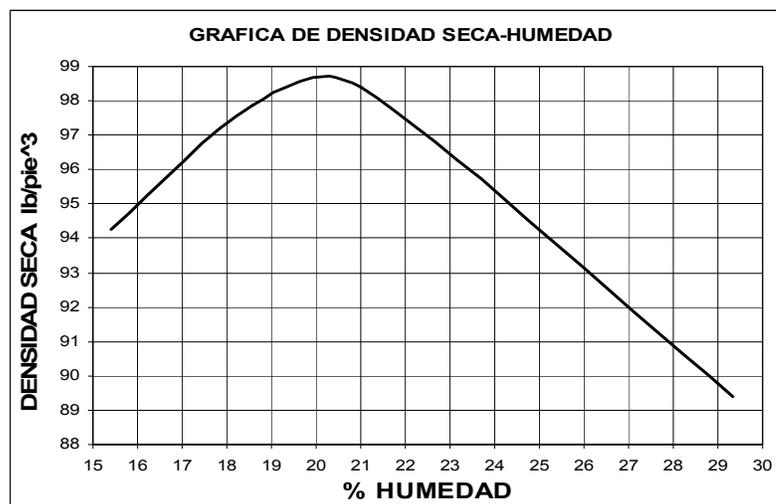
como Densidad Máxima. Para alcanzar la densidad máxima, es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la que se conoce como Humedad Óptima.

Cuando el suelo alcanza su máxima densidad tendrá mejores características, tales como:

- a. Reducción del volumen de vacíos y la capacidad de absorber humedad.
- b. Aumenta la capacidad del suelo, para soportar mayores cargas.

El ensayo de compactación Proctor consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz, añadirle agua y compactarlo en un molde cilíndrico en tres capas, con veinticinco golpes por capa con un martillo de compactación. Luego de compactar la muestra, esta es removida del molde y demolida nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo que servirán para determinar el contenido de humedad en ese momento del suelo. Se añade agua en porcentaje con el fin de obtener una muestra húmeda y homogénea. El proceso es repetitivo hasta obtener una gráfica como la siguiente.

Figura 6. Ensayo de Proctor

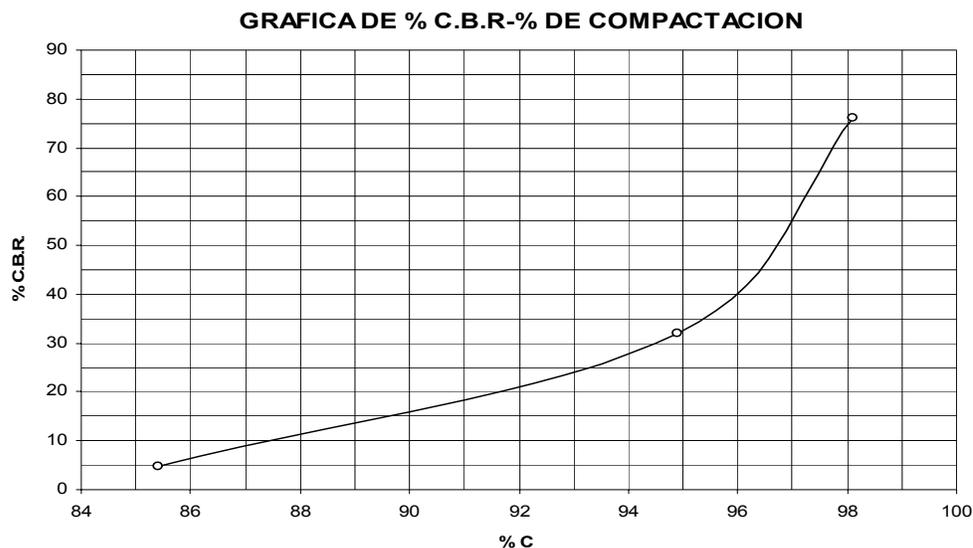


2.1.6.3 Análisis para la determinación de resistencia

2.1.6.3.1 Ensayo de valor soporte del suelo (C.B.R.)

Este ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR por sus siglas en inglés), es un índice de resistencia al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad, se expresa en porcentaje de la carga, requerida, para producir la misma penetración en una muestra estándar de piedra triturada. Para realizarlo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, y así poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T-193. El resultado del ensayo se representa con una gráfica de CBR contra el porcentaje de compactación como se presenta a continuación:

Figura 7. Ensayo de CBR



El método del CBR para diseño de pavimentos, fue uno de los primeros en utilizarse y se basa principalmente en que a menor valor de CBR de la subrasante, es necesario colocar mayores espesores en la estructura de pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito.

Tabla VII. Resistencia del suelo		
% CBR	Clasificación del suelo	Usos
0-3	Muy pobre	subrasante
3-7	Pobre a regular	subrasante
7-20	Regular	Sub-base
20-50	Bueno	Sub-base, base
50 o más	Excelente	Base

Mecánica de suelos y cimentaciones, Ing. Carlos Crespo Villalaz

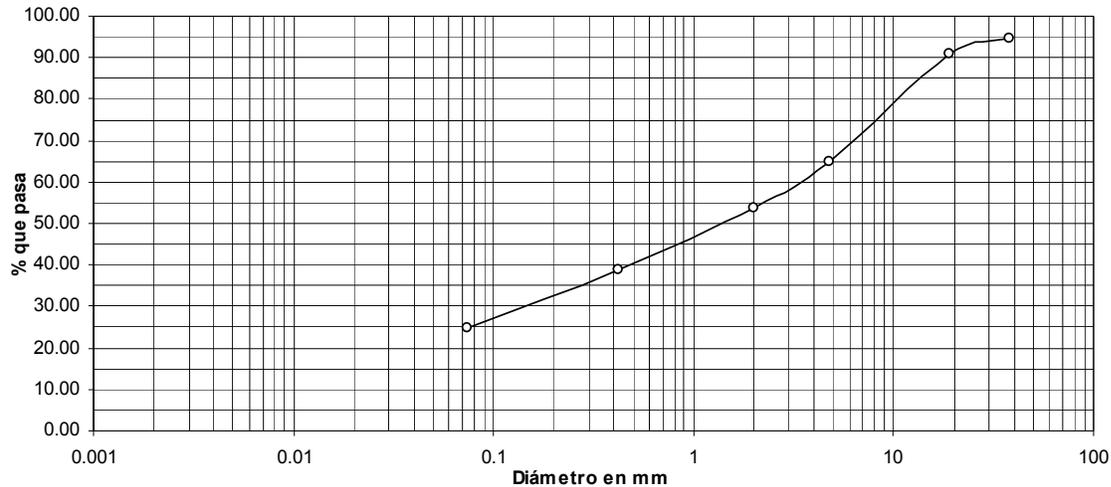
Finalmente, el CBR es el factor que determinará el diseño de espesores de capas de pavimento. Usualmente, el valor de CBR se convierte en módulo de valor soporte del suelo (tal como lo hace el método de la AASHTO para diseño de pavimentos flexibles).

2.1.6.3.2 Análisis granulométrico

Normado por la AASHTO T-27. El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado.

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen, determinando la cantidad en porcentaje de diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Los resultados de éste análisis son luego representados en forma gráfica, obteniéndose con ella una curva de distribución granulométrica.

Figura 8. Gráfica de análisis granulométrico



2.1.7 Diseño de pavimento rígido

2.1.7.1 Teoría de diseño de pavimento rígido

La PCA (Asociación de Cemento Pórtland) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada para soportar las cargas de tránsito en las calles y carreteras.

El primero es el método de capacidad; este procedimiento de diseño tiene la posibilidad de obtener datos de carga. Con ello asume que datos detallados de carga-eje tienen que ser obtenidos de estaciones representativas de pesos de camiones (volúmenes de tránsito). El segundo es el método simplificado; este procedimiento de diseño no tiene posibilidades de obtener datos de carga-eje.

Para el diseño y dimensionamiento del espesor del pavimento rígido del acceso hacia aldea Tuichán, municipio de Ixchiguán, se empleará el método

simplificado, debido a que no es posible obtener datos de carga de eje, ya que no existen detalles de tránsito para este sector.

Para este método la PCA ha elaborado tablas de diseño simples, basadas en distribuciones compuestas de carga de eje que representan diferentes categorías de carreteras y tipos de calles. Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1, 1.1, 1.2 y 1.3, para las categorías 1, 2,3 y 4, respectivamente.

Tabla VIII. Clasificación de vehículos según su categoría de cargas por eje						
Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	%	TPDA por día	Sencillo	Tandem
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a Medio).	200 a 800	1 A 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 A 10	40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias supercarreteras interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 - 2 carriles 3000 a 5000 - 4 carriles	8 A 30	500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 - 2 carriles 3000 a 15000 - 4 carriles	8 A 30	1500 a 8000	34	60

Etapas o pasos del método simplificado:

- a) Estimar TPDA (tránsito promedio diario de camiones) en dos direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- b) Seleccionar la categoría de carga – eje, según su tabla correspondiente.
- c) Encontrar el espesor de losa en la tabla apropiada.

Tras conocer el CBR de la sub-rasante se busca su correspondiente módulo de reacción K en la tabla correspondiente. Luego se determinará el espesor de base de acuerdo con el tipo de suelo y el módulo de ruptura del concreto, que es el 15% f'c.

Tránsito: El factor más importante en la determinación del diseño del espesor de un pavimento, es el número y peso de la carga por eje que pasará sobre él.

Por eso es necesario conocer datos como:

- a) **TPD:** Tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos. Se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

- b) **TPDA:** Tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones. Puede ser expresado como un porcentaje de TPD o un valor aparte.

Las tablas del método simplificado están especificadas para un período de diseño de 20 años con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones. Si el período de diseño fuera diferente de 20 años se multiplica el TPDA por un factor adecuado. Por ejemplo, si fueran 25 años, entonces se multiplica por 25/20.

El TPDA solo excluye camiones de seis llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. Como no se incluyen paneles, pick – ups, o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas, el número permisible de camiones de todo tipo, tiene que ser mayor que el TPDA tabulado para calles y carreteras secundarias.

2.1.7.2 Módulo de reacción de sub-rasante (k)

El módulo de reacción de la sub-rasante es la propiedad de apoyo que esta ofrece al tráfico y se define como la pendiente de la gráfica carga-deformación obtenida en el campo por el ensayo del disco (norma ASTM D-1196), cuyo resultado estará en kg/cm^3 .

Dado las limitaciones del ensayo, el valor de K es usualmente estimado por correlación de una prueba más simple como la clasificación del tipo del suelo según el sistema SCU (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, bajo el punto de vista de la ingeniería), según el sistema PRA (Public Road Administration) o en función de su número de CBR. De cualquiera de estas formas se obtienen valores muy estimativos, aunque el más próximo, es el último. Esto es válido, ya que no se requiere un valor exacto de K y no afecta apreciablemente los requerimientos de espesor.

El valor aproximado de K, cuando se usan bases granulares y bases suelo-cemento, se muestra en las tablas siguientes:

Tabla IX. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K

TIPO DE SUELO	SOPORTE	Rango de valores de K en lb/pulg^3
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo arcilla	Mediano	130 – 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 – 220
Sub-base tratada con cementos	Muy alto	250 – 400

Tabla X. Valores de k para diseños sobre bases no tratadas

Subrasante valores de K PSI	Sub-base valores de K PSI			
	4 Pl.	6 Pl.	9 Plg	12 Plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Westergaard H. N. Computation of stresses in concrete roads

En ausencia de valores de los ensayos de laboratorio, puede utilizarse la relación aproximada entre K y el CBR o valor soporte California para diferentes tipos de suelos (esto cuando no se conoce su respectivo CBR).

2.1.7.3 Módulo de ruptura del concreto (M_r)

Debido al paso de vehículos sobre las losas de concreto, se producen esfuerzos de flexión y compresión. Los esfuerzos de compresión son tan mínimos que no influyen en el grosor de la losa.

En cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores, por eso son usados estos valores para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos. La fuerza de flexión está determinada por el módulo de ruptura del concreto (M_r), el cual está definido como el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga de concreto.

La resistencia de la tensión del concreto es relativamente baja. Una buena aproximación para la resistencia a la tensión será de 10% a 20 % de su resistencia a la compresión, debido a los problemas de agarre de las máquinas de prueba.

2.1.7.4 Diseño de juntas

Las juntas tienen por objeto principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción y establecer al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento. Cuando así se especifique, deben proveer además, una adecuada transferencia de carga a las losas contiguas

Todas las juntas deben construirse con las caras perpendiculares a la superficie del pavimento y deben protegerse contra la penetración a las mismas, de materiales extraños perjudiciales, hasta el momento en que sean selladas.

Los tipos de juntas, su posición y detalles de construcción, incluyendo los rellenos, sellos y retenedores, deben ser los indicados en los planos.

2.1.7.5.1 Tipos de juntas

Las juntas tienen por objeto principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción, estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento.

La mayoría de las grietas en el concreto son debidas a tres efectos:

- a. Cambios de volumen por encogimiento por secado.
- b. Esfuerzos directos por cargas aplicadas.
- c. Esfuerzos de flexión por pandeo.

Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto caen dentro de dos clasificaciones: transversales y longitudinales, que a su vez se clasifican como de contracción, de construcción y de expansión.

Juntas longitudinales: son juntas paralelas al eje longitudinal del pavimento. Estas juntas se colocan para prevenir la formación de grietas longitudinales, pueden ser en forma mecánica, unión macho-hembra. La profundidad de la ranura superior de esta junta, no debe ser inferior de un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 12.5 pies (3.81 m), es la que determina el ancho del carril.

Juntas transversales: controla las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe por lo menos tener una profundidad de un cuarto del espesor de la losa. Se construyen perpendicularmente al tráfico. También son llamadas juntas de contracción, ya que controlan el agrietamiento transversal por contracción del concreto. La separación máxima de las juntas transversales es de 15 pies (4.57 m). La colocación de las barras de transferencia depende de las características de la sub-rasante y del tipo de tránsito esperado para el pavimento.

Juntas de expansión: estas son necesarias cuando existan estructuras fijas, tales como: puentes, aceras, alcantarillas, etc. Donde sea necesario este tipo de junta, se dejará una separación de dos centímetros. Se construyen para disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande. Se colocan obligadamente frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares. Cuando las juntas de contracción controlan adecuadamente el agrietamiento transversal, las juntas de expansión no son necesarias.

Juntas de construcción: se construyen cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Son del tipo trabado, es decir lleva barras de acero o material adecuado, para formar tabiques, de modo que se forme una cara vertical con una traba apropiada.

Existen dos dispositivos de transferencia de cargas entre las losas en zonas de juntas, las barras de sujeción y las dovelas o pasa juntas.

Las barras de sujeción, se utilizan en las juntas longitudinales para ligar losas de carriles o franjas continuas. Se deben utilizar barras de acero de refuerzo corrugadas, colocadas a la mitad del espesor con el espaciamiento especificado y son hechas solamente para garantizar la continuidad del pavimento. La junta de trabe por agregados o barras de sujeción se construyen insertando una barra de acero para hacer la interconexión entre dos losas separadas. Este tipo de junta es más sencillo en su construcción pero requiere de espesores más altos de la losa de concreto.

La junta tipo dovela se logra haciendo un detalle macho-hembra en el concreto en el sentido longitudinal. Este detalle requiere más trabajo, pero garantiza una disminución en el espesor de la losa.

Según las tablas de diseño de la PCA incluyen dos tipos de juntas debido a su transferencia de carga, del tipo dovela o pasa junta y del tipo de trabe por agregado.

El tipo de trabe por agregado, se utiliza en las juntas longitudinales para ligar los de carriles o franjas continuas. Este tipo de junta es más sencillo en su construcción pero requiera de espesores más altos de la losa de concreto.

El tipo dovela o pasa junta, se utiliza normalmente en juntas transversales de construcción, contracción y de expansión y fueron diseñadas para la transmisión de carga de una losa hacia la siguiente. Para este diseño de pavimento se hará con junta tipo dovela que ayudará a minimizar el espesor de la losa.

2.1.7.5 Diseño de espesor de pavimento

Determinar la categoría de la vía principal del proyecto:

Se debe hacer un conteo de tránsito promedio de vehículos. Como no se cuenta con datos de conteo de tránsito vehicular para el proyecto, se hizo un conteo sobreestimado de vehículos que circulan por la vía principal; del que se determinó el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones. En el método propuesto por la PCA no es tan determinante el número de vehículos que circulan por la vía sino el porcentaje de vehículos pesados.

La vía a pavimentar es relativamente corta debido a que los pobladores han construido sus habitaciones muy cerca del paso vehicular; por lo que se determinaron los siguientes datos:

(TPD) = 200 vehículos ambos sentidos.

(TPDA) = 20% TPD = 40 vehículos.

El período de diseño es de 20 años = 40 vehículos.

Con el dato estimado de paso de vehículos y su porcentaje de camiones se clasifica la vía según la tabla de categorías por eje.

La vía principal del proyecto se clasifica en la categoría No. 1, definida como calles residenciales, carreteras rurales y secundarias.

Determinar el tipo de junta para el pavimento:

La junta seleccionada es del tipo dovela, tipo macho hembra, por las ventajas que ofrece este tipo de junta, aunque la tabla disponga una junta de trabe por agregados, insertando una barra de acero para la interconexión entre dos losas, requiere de un espesor más grande para el pavimento, mientras las del tipo dovela, disminuye el espesor del pavimento.

Integración de hombros o bordillos en el diseño:

El diseño contempla la integración de bordillos para disminuir el espesor del pavimento y encausar las aguas pluviales.

Determinar el módulo de ruptura del concreto (Mr):

El módulo de ruptura se estimó como el 15% de la resistencia del concreto a compresión f'_c , según los parámetros especificados con anterioridad. Por lo que el valor aproximado se toma como un porcentaje dado así; $0.15 \times 4000 \text{ psi} = 600 \text{ psi}$.

Determinar el módulo de reacción K de la sub-rasante:

Conservadoramente se determina un valor estimando de CBR de la sub-rasante, según la tabla IX, se determina que el valor soporte del suelo es alto y que se encuentra el valor del módulo de reacción de la sub-rasante, el cual equivale a 200 lb/plg^3 .

Determinar si se utilizará base según los criterios del diseñador:

Como criterio se utilizará una base no tratada de **15 cms. (6 plg)**, incrementando así el valor del módulo de reacción $K=220 \text{ lb/plg}^3$. Ver tabla X.

Determinar el valor soporte del suelo:

Con este valor de K según tabla IX se determina que el tipo de suelo de sub-rasante es ALTO catalogando al suelo como arena y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos.

Determinando el espesor de la losa de concreto según la tabla de diseño con los parámetros siguientes:

Para una vía de categoría 1 con juntas doveladas, se utiliza la tabla XI. Se busca en el lado derecho por incluir bordillo el diseño de la losa. El soporte sub-rasante – Sub-base tiene un carácter alto, al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 psi. Y el valor que dicta la tabla corresponde a **5 plg (12.70 cms)**, por razones de construcción y facilidad se determina un espesor de quince centímetros como espesor de la losa.

Referente a la capa de base del pavimento, la PCA da mayor importancia a la uniformidad de apoyo, que al grado de resistencia del suelo, considera que la losa de concreto tiene gran capacidad de distribución de la carga impuesta por el tránsito. Con frecuencia los materiales que forman parte de la sub-rasante presentan características favorables, que pueden sustituir las funciones de la base.

Las tablas contemplan la fatiga y la erosión en el diseño. La fatiga se toma en cuenta para mantener dentro de los límites de seguridad los esfuerzos debidos a las cargas repetidas. El esfuerzo por erosión se usa para limitar los efectos de las deflexiones del pavimento en los bordes y juntas. Para referencia, la tabla XII indica los valores mínimos de espesor de base, según el uso y el tipo de base.

Tabla XI. TPDA permisible, carga por eje categoría 1 pavimentos con junta de trabe por agregados (no necesita dovela)

SIN HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO				CON HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO			
ESPESOR DE LOSA PLG	SOPORTE DE SUBRASANTE Y SUB-BASE			ESPESOR DE LOSA PLG.	SOPORTE DE SUBRASANTE Y SUB-BASE		
	BAJO	MEDIO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO
MR = 650 PSI							
4.5			0.1	4 4.5	2	0.2 8	0.9 25
5 5.5	0.1 3	0.8 15	3 45	5 5.5	30 320	130	330
6 6.5	40 330	160	430				
MR = 600 PSI							
5 5.5	0.5	0.1 3	0.4 9	4 4.5	0.2	1	0.1 5
6 6.5	8 76	36 300	98 760	5 5.5	6 73	27 290	75 730
7 7.5	520			6	610		
520 MR = 550 PSI							
5.5	0.1	0.3	1	4.5		0.2	0.6
6 6.5	1 13	6 60	18 160	5 5.5	0.8 13	4 57	13 150
7 7.5	110 620	40		6	130	480	

Fuente: Westergaard H. N. Computation of stresses in concrete roads. Pág. 51

Una fracción de TPDA, indica que el pavimento puede transportar un número ilimitado de vehículos pequeños y camiones con dos ejes y cuatro llantas. Pero únicamente pocos camiones pesados por semana (TPDA de 0.3*7, días indica dos camiones pesados por semana).

El presente TPDA excluye a camiones de cuatro llantas dos ejes, por lo que el número de camiones permitidos puede ser grande.

Tabla XII. Espesores estimados de bases según su uso

Tipo de base	Usos	Espesor
Granular	Carretera	10 - 15
Estabilizada	Carretera	10 - 15
Granular	Aeropuerto	15 - 30
Estabilizada	Aeropuerto	15 - 30

Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI)

Con la sub-rasante ya definida se puede definir el volumen de movimientos de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución.

2.1.7.6 Conformación y curado del pavimento

El pavimento rígido está constituido por cemento, agregado fino, agregado grueso, aire, agua y puede estar constituido por aditivos.

La mezcla en estado plástico se coloca en la base humedecida y luego se hace vibrar para no dejar espacios de aire (ratoneras), dentro del concreto que puedan producir fallas no deseadas.

Se coloca un arrastre, ya sea manual o mecánico, para dejar lista la rasante anteriormente diseñada, luego de aplicar el arrastre se raya el concreto de forma normal a la línea de eje central de la calle, para luego aplicar un curado de concreto, cuya función es mantener el pavimento fresco para que no libere vapor y no pierda resistencia dentro de las primeras 24 horas críticas del pavimento.

Se deja descansar el pavimento por 28 días en los cuales llegará a la resistencia requerida del concreto y luego se da paso libre a vehículos.

2.1.7.6.1 Curado de concreto

- Compuesto concentrado color rojo o blanco, en forma líquida que se aplica sobre la superficie del concreto recién colocado. Producto elaborado bajo la norma ASTM C-309.
- El modo de empleo es directo a la superficie acabada por medio de un aspersor con el objeto de cubrir toda la superficie con una película uniforme y economizar material.
- Rendimiento, un litro de curado cubre aproximadamente de 4 a 6 metros cuadrados en una mano de aplicación.

2.1.8 Normativa de diseño

2.1.8.1 Pavimento de concreto

Es una losa de mezcla de concreto de cemento hidráulico, diseñado para resistir las cargas e intensidad del tránsito.

Este trabajo consiste en la construcción sobre base preparada y aceptada previamente, de la carpeta o losa de pavimento de concreto, de acuerdo con los planos, incluyendo la fabricación y suministro del concreto estructural, el manejo, colocación, compactación, acabado, curado y protección del concreto, ajustándose a los alineamientos horizontal y vertical, espesores y secciones típicas de pavimentación, dentro de las tolerancias estipuladas, de conformidad con estas Especificaciones.

2.1.8.2 Materiales:

Cemento Hidráulico. Debe cumplir con las Normas AASHTO M 85, ASTM C 150 ó COGUANOR NG 41005 para los Cementos Portland ordinarios, con una clase de resistencia de 28MPa (4,000 psi) o mayor. No deben mezclarse cementos de diferentes tipos o de diferentes plantas cementeras, sin la aprobación del Supervisor.

Agregado Fino. Debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas durables, que llene los requisitos para concreto de pavimentos y para concreto sujeto a desgaste superficial. El agregado fino debe ser almacenado separadamente del agregado grueso, en pilas independientes para las diversas procedencias, debiéndose controlar sus características y condiciones por medio de ensayos de laboratorio, para hacer los ajustes en la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto.

Agregado Grueso. Debe consistir en grava o piedra trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado.

Agua. El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. El agua de mar y de pantanos no debe usarse para concreto reforzado. El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos. Donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse en forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.

Aditivos. Los aditivos para concreto se deben emplear con la aprobación previa del Supervisor y de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener esencialmente la misma composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica. No se permitirá el uso de aditivos que contengan iones de cloruro, en ningún tipo de concreto reforzado o concretos que contengan elementos galvanizados o de aluminio. Previa a la autorización del uso de aditivos, el contratista deberá realizar mezclas de pruebas de campo, utilizando los materiales y equipo a emplear en el proyecto u obra. Si se emplea más de un aditivo, debe cuidarse de que los efectos deseables de cada uno se realicen y no interfieran entre sí. Cuando se empleen aditivos acelerantes en tiempo caluroso, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar un fraguado muy rápido del concreto.

Requisitos para la clase y resistencia del concreto. El concreto de cemento hidráulico para pavimentos, debe ser como mínimo clase 24.5 (3,500) con una resistencia a compresión AASHTO T 22 (ASTM C 39), promedio mínima de 24.5 MPa (3,500 psi) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78), promedio mínima de 3.8 MPa (550 psi), determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C 192) y T 23 (ASTM C 31), ensayados a los 28 días. En ningún caso, el número de muestras será menor que una (1) por día o una por cada ciento veinte metros cúbicos (120 m³) de concreto colocado diariamente y no menos de una (1) por cada 500 m² de superficie de losa y muros. Los requisitos para comprobar la resistencia del concreto, deben basarse en ensayos de cilindros fabricados y probados de acuerdo con los métodos AASHTO o ASTM.

Materiales para Juntas. Los materiales para relleno y/o sellado de juntas deben ser previamente aprobados por el Supervisor. Los materiales deben ser de cualquiera de los tipos señalados en la sección 551.06 de las especificaciones generales para construcción de carreteras de la Dirección General de Caminos.

Materiales para Curado. Los materiales para curado deben ajustarse a lo estipulado en 551.08 de las especificaciones generales para construcción de carreteras de la Dirección General de Caminos. Se podrá usar químicos para acelerar el curado siempre que sea autorizado previamente por el Supervisor.

2.1.8.3 Equipo de colocación de pavimento

El Contratista debe suministrar el equipo adecuado al procedimiento de construcción previsto. El equipo propuesto debe ser inspeccionado, ensayado y aprobado previamente por el Supervisor. Los equipos para producción y suministro de concreto deben ser de la capacidad suficiente para suministrar adecuadamente y en forma continua, las cantidades de concreto requeridas en la obra, para el rendimiento previsto de los equipos de pavimentación.

Vibradores: Pueden usarse como complemento a los equipos anteriormente mencionados, vibradores de inmersión manual o de placa. En los vibradores que se utilicen para consolidar el concreto, la razón de la vibración no debe ser menor de 3,500 ciclos por minuto para los vibradores de superficie y no menor de 5,000 ciclos por minuto para los vibradores de inmersión. No debe permitirse que los vibradores operen en contacto con las formaletas o con el acero de refuerzo o de las juntas.

Aserrado de Juntas. Deben emplearse sierras para concreto con la potencia suficiente para cortar el espesor total de la losa. Las sierras deben estar equipadas con guías y dispositivos que aseguren la alineación y profundidad de corte requeridos.

2.1.8.3.1 Colocación y Compactación del Concreto

Las losas de concreto deben ser construidas sobre la superficie de base, de conformidad con estas Especificaciones. Cuando en el área de construcción de la losa de concreto, antes o después de colocar la formaleta, se producen baches o depresiones causadas por el movimiento de equipo y actividades propias de la construcción, éstas deben corregirse antes de colocar el concreto, llenándolas con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada, mortero o agregados para concreto, seguidamente se debe proceder a conformar y compactar el material, con compactadora mecánica de operación manual efectuándose el control de compactación que corresponda. Todo el material excedente debe removerse, dejando la superficie nivelada y de acuerdo a la sección típica de pavimentación.

El concreto debe colocarse de preferencia con máquina esparcidora especial, que prevenga la segregación de los materiales. Si se necesita mover el concreto manualmente, deben utilizarse palas y no rastrillos. Tampoco se debe permitir transportarlo con la acción del vibrador de inmersión.

El concreto debe de ser compactado hasta alcanzar el nivel de las formaletas en la superficie completa de la losa de acuerdo a la sección típica, por medio de vibradores de superficie adecuados, como reglas o placas vibratorias o vibradores de rodillos, preferiblemente montados sobre ruedas, para aplicar la vibración directamente sobre todo el ancho de la losa de

concreto, y no sobre las formaletas. También pueden usarse vibradores de inmersión, como complemento.

Las depresiones observadas, deben llenarse de inmediato con concreto fresco y las partes altas cortadas con la llana para cumplir con las tolerancias de la superficie del pavimento indicadas.

La ejecución del acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, pudiendo dejarse las aristas de las juntas, si la máquina esparcidora es del tipo de formaleta deslizante.

Al terminar el alisado y al haber removido el exceso de agua, y estando el concreto aún en estado plástico, debe comprobarse la exactitud de la superficie de la losa por medio de un escantillón de 3 metros de longitud, el cual debe colocarse en posiciones aleatorias sobre toda el área de la franja o carril, que no esté afectada por cambio de pendientes. Las diferencias observadas por defecto (depresiones) o excesos (áreas altas) no deben ser mayores de 3 mm y toda irregularidad debe ser eliminada ya sea agregando concreto fresco, el que será compactado y terminado como se indica anteriormente o bien cortando los excesos por medio de pasadas con el borde de la llana mecánica o manual.

2.1.9 Obras de protección

2.1.9.1 Obras pluviales

El objetivo fundamental del drenaje en los caminos, es reducir al máximo la cantidad de agua que de una u otra forma llega al mismo, y pueda perjudicar la carretera dando salida al agua que llegue al camino.

Para que un camino tenga buen drenaje, debe evitarse que el agua circule en cantidades grandes por el mismo destruyendo los pavimentos y creando la formación de baches; así también evitar que se estanque en las cunetas se estanque y reblandezca la terracerías, perdiendo su estabilidad.

El drenaje, denominado también como obra de arte, puede clasificarse como:

- Transversal
- Longitudinal
- Sub drenaje

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal, que el espesor del relleno evite el daño a los conductos ocasionados por las cargas vivas y de impacto, debiendo respetar las profundidades mínimas establecidas. Esta profundidad se mide a partir de la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo, determinada de siguiente manera:

Tráfico normal = 1.00 metros

Tráfico pesado = 1.20 metros

2.1.9.2 Cunetas

Son zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el fin de conducir el agua que escurre desde la parte central de este, o en todo el camino, en el caso que existan curvas. Cuando las cunetas pasan de corte a relleno se prolongan a lo largo del pie del relleno: dejando una berma entre dicho pie y el borde de la cuneta, para evitar que se moje el relleno, y origine asentamientos.

El diseño de cunetas se basa en los principios del flujo de canales abiertos; éstas se pueden construir de forma trapezoidal o triangular. El primer paso para diseñar una cuneta es considerar su longitud, medida que determinará el área de carretera que drenará, o del terreno aledaño, si es necesario.

Las cunetas deben protegerse en pendientes fuertes cuando su longitud sea mayor de 50 metros, por medio de una fosa de laminación o una alcantarilla de alivio; debido a que mientras más largas sean, más agua llevará, por lo que se erosionarán más y resultaría antieconómica la conservación.

2.1.9.3 Contracunetas

Las contracunetas son pequeños canales que se construyen en lugares convenientes, para interceptar el agua que escurre hacia el camino y de esa forma evitar que se dañen los taludes de los cortes o de la superficie de rodamiento. Debe procurarse que la pendiente sea suave, como uniforme y que su trazo no tenga cambios bruscos. Las dimensiones de las contracunetas pueden variar de acuerdo con la cantidad de agua que se recolecte.

2.1.9.4 Drenaje transversal

El objetivo del drenaje transversal es dar paso rápido al agua que no pueda desviarse de otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro del camino. En estas obras de drenaje transversal están comprendidos los puentes y las alcantarillas.

En cuanto a las alcantarillas es recomendable construirlas cada 200 metros como máximo, y necesariamente en las curvas verticales cóncavas, utilizando tubería de 24” como mínimo.

Como obras de protección pueden citarse: muros, revestimientos, desarenadores y disipadores de energía. A las tuberías se les construirán muros cabezales en la entrada y salida, y tragante en la entrada cuando se trate de alcantarillas que servirán para aliviar cunetas o de corrientes muy pequeñas. Cuando se trate de corrientes que su área de descarga no pase de 2 metros cuadrados se les hará muros cabezales y en lugar de tragante de entrada se instalarán aletones rectos, a 45° o en “L”.

El colchón mínimo para protección de los tubos, deberá ser de 0.60 metros para que la carga viva se considere uniformemente distribuida.

2.1.9.5 Evaluación de impacto ambiental

En el estudio que se realizó a través de la oficina forestal municipal, se encontró que el proyecto de la Pavimentación de principales calles y avenidas, municipio de San Cristóbal Ixchiguán, Departamento de San Marcos, tiene las siguientes características:

Características del área de influencia del proyecto: a lo largo de la línea central existen riachuelos que son parte de una micro cuenca; centros poblados cercanos, vegetación y centros educativos.

Tipo de actividad a realizar: de transporte

Emisiones a la atmósfera: gases, polvo, movimiento de tierras, maquinaria y equipo, generación de sonido por maquinaria temporal y generación de olores de materia prima.

MEDIDAS DE MITIGACIÓN:

Residuos y contaminantes que serán generados. Todo desecho orgánico generado debe ser depositado en fosas en capas de 0.2 metros, a cada una se le cubrirá con una capa de 0.05 metros de tierra, compactarlo, y así sucesivamente hasta llenar la fosa.

Emisiones a la atmósfera. La maquinaria a utilizar deberá estar en óptimas condiciones de funcionamiento, debiéndose dar mantenimiento preventivo y correctivo. Los vehículos que transporten material, deben taparse con una lona, aplicar riego al área por donde transita y desplazarse a velocidades mínimas y mantener el control de polvo mediante riego.

Descarga de aguas residuales. En los sitios donde existan pendientes deben construirse cunetas, reductores de energía y alcantarillas para el paso transversal de las aguas. Reforestar con especies nativas del lugar las áreas que se encuentran erosionadas y aquellas susceptibles a erosión, así como también las partes explotadas en los bancos de material y en las áreas de botaderos.

Ruidos y/o vibraciones. La maquinaria que se utilizará debe estar en óptimas condiciones de funcionamiento, debiéndosele dar mantenimiento preventivo y correctivo. Se debe realizar chequeo físico en la maquinaria llevando un control sobre la emisión de ruido el cual no debe permitirse mayor de 80 decibeles a 3.5 metros del emisor.

Contaminación visual. Las áreas utilizadas en las diferentes actividades del proyecto donde se altera el paisaje original, deben ser conformadas y dotadas de suelo orgánico para su reforestación con especies nativas del lugar.

Campamento de maquinaria. La instalación de campamentos debe estar alejada de centros poblados, ubicación que deberá ser aprobada por el supervisor del proyecto. Dichas instalaciones deberán cumplir con las condiciones mínimas de higiene y salud establecidas para estos casos. Durante la construcción, tiene que evitarse en lo posible, los cortes y/o rellenos así como la destrucción de áreas con vegetación. En las instalaciones deberán existir letrinas y si hubiese infraestructura cercana, conectarlas al sistema municipal, prever las instalaciones de agua potable, áreas adecuadas para la preparación de alimentos, sistema de recolección y disposición de desechos sólidos y líquidos; como rellenos sanitarios o similares, pero evitar su disposición sobre la superficie y menos en laderas o cerca de fuentes de agua.

Estabilización de taludes. Para la estabilización de taludes, los cuales en su mayoría son susceptibles a erosión, deberá utilizarse una capa de tierra negra y una cobertura vegetal de carácter permanente, como gramíneas, árboles, arbustos, plantas rastreras, las cuales serán especies nativas.

Equipo de protección personal. El personal del proyecto, debe trabajar en forma segura, sin riesgos durante el proceso de trabajo. Para prevenir enfermedades provocadas por los alimentos, agua o químicos a los que deberán estar expuestos. Para la prevención de accidentes, inicialmente, el personal que opere maquinaria y equipo pesado, deberá ser calificado y tener suficiente experiencia; se deberá exigir el uso del equipo apropiado de protección personal de manera permanente durante las horas laborales, principiando por la protección de los pies con calzado; protección para la

cabeza, como lo indica la norma general, utilizando cascos de colores llamativos (amarillo rojo, naranja, etc.). Para evitar daño al sistema auditivo durante la operación de la maquinaria y equipo, el trabajador deberá estar dotado de dispositivos contra el ruido para protección de los oídos.

Áreas de relleno. Durante la fase de relleno, el material tendrá que depositarse en las áreas escogidas con antelación, tomando en cuenta la erosión y sedimentación sobre cuerpos de agua, viviendas, bosques, quebradas; y si es necesario, la construcción de obras como bermas, gaviones, difusores de energía, resguardos de sedimentación, etc.

Derrame de hidrocarburos. Se debe tomar en cuenta el efectivo control sobre los escapes de combustibles y lubricantes que pudieran afectar los suelos y los cuerpos de agua; en el área de trabajo del taller de mecánica, el piso deberá tener una capa impermeable para impedir la infiltración de cualquier sustancia que contenga derivados de petróleo; el mantenimiento de la maquinaria y demás equipo, se hará cuidadosamente, para evitar la contaminación del suelo y los cuerpos de agua.

2.1.10 Presupuesto y cronograma de ejecución

A continuación se presenta el costo total del proyecto de pavimento de aldea Tuichán y el cronograma de avance físico y financiero.

PRESUPUESTO GENERAL
PAVIMENTO DE ALDEA TUICHÁN, MUNICIPIO DE IXCHIGUAN SAN MARCOS
CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO

Núm.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO RENGLÓN
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	BODEGA	m ²	30	Q235.00	Q7,050.00
1.2	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	ml	3537.13	Q15.83	Q55,992.77
1.3	LIMPIEZA GENERAL	Global	1	Q4,171.50	Q4,171.50
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1	CORTE	m ³	2396	Q72.44	Q173,566.24
2.2	RELLENO	m ²	14102	Q72.44	Q1,021,548.88
2.3	ACARREO DE MATERIAL	m ³	720	Q54.62	Q39,326.40
3	BASE				
3.1	CONFORMACIÓN DE BASE	m ²	8867	Q239.76	Q2,125,951.92
4	PISTA DE CONCRETO				
4.1	COLOCACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO	m ²	21222.78	Q162.65	Q3,451,885.17
4.2	CURADO DE CONCRETO	m ²	8867	Q14.53	Q128,837.51
4.3	DRENAJE TRANSVERSAL	ml	280	Q600.00	Q168,000.00
5	BORDILLO				
5.1	FUNDICIÓN DE CUNETA	ml	5305	Q16.47	Q87,373.35
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q7,263,703.73

PRESUPUESTO GENERAL
PAVIMENTO DE ALDEA TUICHÁN, MUNICIPIO DE IXCHIGUAN SAN MARCOS
CUADRO DE CANTIDADES DE TRABAJO

Núm.	DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	RENLÓN	%
1	TRABAJOS PRELIMINARES									
1.1	BODEGA	■							Q7,050.00	0.10%
1.2	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	■	■						Q55,992.77	0.80%
1.3	LIMPIEZA GENERAL	■	■						Q4,171.50	0.10%
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS									
2.1	CORTE		■	■	■	■	■	■	Q173,566.24	2.40%
2.2	RELLENO		■	■	■	■	■	■	Q1,021,548.88	14.10%
2.3	ACARREO DE MATERIAL		■	■	■	■	■	■	Q39,326.40	0.50%
3	BASE									
3.1	CONFORMACIÓN DE BASE			■	■	■	■	■	Q2,125,951.92	29.30%
4	PISTA DE CONCRETO									
4.1	COLOCACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO			■	■	■	■	■	Q3,451,885.17	47.50%
4.2	CURADO DE CONCRETO			■	■	■	■	■	Q128,837.51	1.80%
4.3	DRENAJE TRANSVERSAL			■	■	■	■	■	Q168,000.00	2.30%
5	BORDILLO									
5.1	FUNDICIÓN DE CUNETAS			■	■	■	■	■	Q87,373.35	1.20%
COSTO TOTAL DEL PROYECTO									Q7,263,703.74	100.00%
INVERSION MENSUAL EN Q		145274.07	435822.22	1815925.94	1888562.97	1452740.75	1089555.56	435822.22		
INVERSION MENSUAL ACUMULADA EN Q		145274.07	581096.29	2397022.23	4285585.2	5738325.95	6827881.51	7263703.73		
INVERSION MENSUAL EN %		2	6	25	26	20	15	6		
INVERSION MENSUAL ACUMULADA EN %		2	8	33	59	79	94	100		

2.2 Diseño de instituto básico en caserío El Plan, Municipio de San Cristóbal Ixchiguán, departamento de San Marcos.

2.2.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles, para el funcionamiento del nivel básico, en el caserío El Plan, el cual tendrá la siguiente distribución de ambientes.

Por el espacio que dispone la comunidad para la construcción del instituto de formación básica, para la planta baja se tendrá dos salones de clase, Dirección, bodega y servicios sanitarios para maestros y estudiantes respectivamente. En la planta alta tendrá tres aulas, así como un módulo de gradas independiente, al centro del edificio.

La estructura se hará a base de marcos dúctiles (sistema de columnas y vigas de concreto reforzado) y losas de concreto armado, muros de block de pómez para delimitar ambientes, piso de cemento líquido y puertas de metal.

2.2.2 Investigación preliminar

Las instalaciones educativas con que cuenta la comunidad actualmente, son aulas con distribución desordenada, en deterioro e insuficientes y que en la mayoría no cumplen con las necesidades básicas.

El caserío El Plan cuenta con la aprobación del nivel básico, pero no con las propias instalaciones; hasta la fecha se han impartido las clases en la escuela del nivel primario. La comunidad cuenta con un terreno en donde se encuentra construida la primera escuela que funcionó en el lugar, por lo que

está deteriorada y sus condiciones de infraestructura no son adecuadas; es por tal razón que van a destinar ese espacio comunal, para la construcción del instituto de nivel básico.

2.2.3 Diseño arquitectónico

El proyectar y construir edificios perdurables siguiendo determinadas reglas, con objeto de crear obras adecuadas a su propósito es el diseño arquitectónico. Esto se hace para tener un lugar funcional y una estructura con resistencia. Para lograrlo, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios arquitectónicos y normas.

Los edificios de aulas se deben diseñar de acuerdo con las necesidades que se tengan; además, estarán restringidos por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño que existan. Las características arquitectónicas se elegirán basándose en el criterio del diseñador.

Para el caso del instituto básico, se necesita construir, salones de enseñanza aprendizaje, sala de dirección, bodega, módulo de baños y módulo de escaleras.

2.2.3.1 Criterios de conjunto

a) Conjunto arquitectónico: se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo para atender a los alumnos que espera recibir, y se debe diseñar de acuerdo a su funcionalidad, incluyendo todas las áreas a utilizar.

b) Emplazamiento: un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno se logra cuando el área construida en la planta baja no excede del 40% del área total del terreno.

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

d) Superficie y altura del edificio: la superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura del edificio del instituto es de dos niveles. Tratando de construir los talleres y laboratorios en el primer nivel.

2.2.3.2 Criterios de iluminación

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

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

b) Tipos de iluminación: Por su procedencia, la iluminación se divide en: natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital.

2.2.3.3 Ubicación del edificio en el terreno

Localización del terreno:

Para la construcción del edificio educativo se dispone de un terreno que está ubicado a un costado del centro de la aldea, aledaño a la cancha polideportiva y a la escuela del nivel primario, y está situado a una distancia de 50 m del acceso principal.

Topografía del terreno:

La forma del terreno es rectangular. Tiene un área de 210 m². La superficie es plana.

2.2.3.4 Distribución de ambientes

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hará del modo habitual para los edificios educativos (ver anexos), por ser la que más conviene a las necesidades educativas.

2.2.3.5 Altura del edificio

Se escogió hacer el edificio de dos niveles; cumpliendo con la norma de que haya tres niveles como máximo, para centros de nivel básico.

La altura de todos los ambientes será de 2.98 m, del nivel de piso al cielo raso y es estándar para dar comodidad, tanto a los ambientes como a los espacios de circulación.

2.2.3.6 Selección del sistema estructural al usar

En la selección 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.

Para este caso, se eligió un sistema estructural con marcos dúctiles de concreto reforzado (estructura con vigas y columnas).

2.2.4 Análisis estructural

El estudio de las estructuras considera, principalmente, los efectos producidos por las fuerzas que actúan sobre un determinado sistema estructural, y determina las condiciones que deben satisfacer las diferentes partes de este sistema, de manera que puedan soportar dichas fuerzas.

Las partes que componen el sistema estructural deben ser de un material tal que impida la rotura o el deterioro de éstas. Además, el tipo de material a utilizar, no deberá ser llevado más allá de su resistencia límite, cuando actúen las diferentes fuerzas sobre el sistema.

Lo anterior induce a concluir que el equilibrio en el que se encuentre el sistema estructural debe ser estable, dando lugar a un estudio que involucra

tanto procedimientos matemáticos como métodos derivados de ensayos de laboratorio.

2.2.4.1 Predimensionamiento estructural

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

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

a) Columnas:

El método utilizado para predimensionar las columnas consiste en basarse en la carga aplicada y el área tributaria, para luego calcular la sección. Por razones de simetría, las dimensiones de las columnas serán con base a la más crítica, o sea la que soporta mayor carga.

Fórmulas: **$P = 0.85f'c (A_g - A_s) + f_y A_s$**

$$1\% A_g \leq A_s \leq 8\% A_g$$

Según reglamento ACI 318-2005, sección 10.9.1

Datos usados:

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

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2 \quad A_s = 0.01A_g$$

Solución: **P = 30413 Kg**, (tomado de áreas tributarias)
 $30413 = 0.85 \cdot 210 \cdot (A_g - 0.01 A_g) + (2,810 \cdot 0.01 \cdot A_g)$

Despejando $A_g = 149 \text{ cm}^2$

Se propone una columna de **30*30 cm = 900cm²** > A_g

Según sección mínima recomendada por el ACI 318-2005

b) Vigas:

Para predimensionar las vigas, el método a utilizar es el cálculo del peralte o altura de la viga, dependiendo de la luz que cubre la viga y de sus apoyos, según recomendaciones del reglamento ACI 318-2005, sección 9.5.2, La base de la viga queda a discreción del diseñador, usando en este caso particular, el ancho de las columnas. Por razones de simetría se calculará la más crítica para todas las vigas, o sea la de mayor longitud.

Tabla XIII. Peraltes mínimos de vigas o losas				
Peraltes mínimos de vigas no preesforzadas o losas en una dirección, a menos que se calculen las deflexiones				
		Peralte mínimo h		
	Simplemente apoyadas	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse por grandes deflexiones			
Losas macizas en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas o losas nervadas en una dirección	L/16	L/18.5	L/21	L/8

Reglamento ACI-318-2005 Sección 9.5

Para calcular el peralte (d) de la viga, los ingenieros estructurales en Guatemala recomiendan una relación; de 6 a 8 cm. de peralte por metro lineal de claro, y un ancho (b), de $\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{2}$ de d:

$$t_{\text{VIGA}} = \text{luz libre de viga (0.08)}$$

$$= 5.85 * 0.08 = 0.46 \text{ m.}$$

$$\text{Base de viga } b = 0.30 \text{ m}$$

Entonces se opta por una sección de viga = 0.30*0.45 mt.

c) Losas: aquí se predimensiona el espesor de la losa utilizando las recomendaciones del reglamento ACI 318-2005, sección 9.5, tabla XIII, donde las variables son las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos . En este caso, las losas están apoyadas en cuatro y dos lados, y se tienen varias medidas de losas, por lo cual se toma la más crítica y el peralte es:

$$t_{\text{LOSA}} = (\text{perímetro de losa}) / 180 \quad \text{en dos sentidos } \acute{o}$$

$$t_{\text{LOSA}} = L/X \quad \text{un sentido, Ver tabla XII}$$

$$t_{\text{LOSA}} = (4.075 + 4.075 + 5.85 + 5.85) / 180 = 0.11 \text{ m}$$

Se utilizó $t_{\text{LOSA}} = 0.11 \text{ mt.}$

d) Cimientos: Los antecedentes a tomar para el diseño de las zapatas son los datos obtenidos del análisis estructural, así como la exploración del suelo.

- **Exploración del suelo:** La exploración que se hizo del suelo para obtener información, fue por medio de pozos de sondeo, que permitieron verlo en su estado natural. Se exploró hasta una profundidad de 1.50 m.
- **Valor soporte del suelo:** es la capacidad del suelo para soportar una carga sin que produzca fallas dentro de su masa. En este caso el tipo de

suelo que se encontró fue limo con presencia de partículas de grava color café oscuro. Con los resultados obtenidos en el ensayo de triaxial se encontró un valor soporte de suelo de 40 T/m^2 . El resultado obtenido en el ensayo Triaxial del laboratorio de suelos, se puede observar en los anexos.

- **Cota de cimentación:** se utilizó 1.10 m.

Para la cimentación se prevé usar zapatas aisladas concéntricas. El método de predimensionamiento se incluye en el diseño de las zapatas.

Con los resultados obtenidos anteriormente, se presentan a continuación las figuras 9,10 y 11 que muestran la distribución de las columnas y las vigas del edificio con respectivas medidas, que se diseñarán estructuralmente en el resto del capítulo.

Figura 9. Planta típica, edificio de aulas

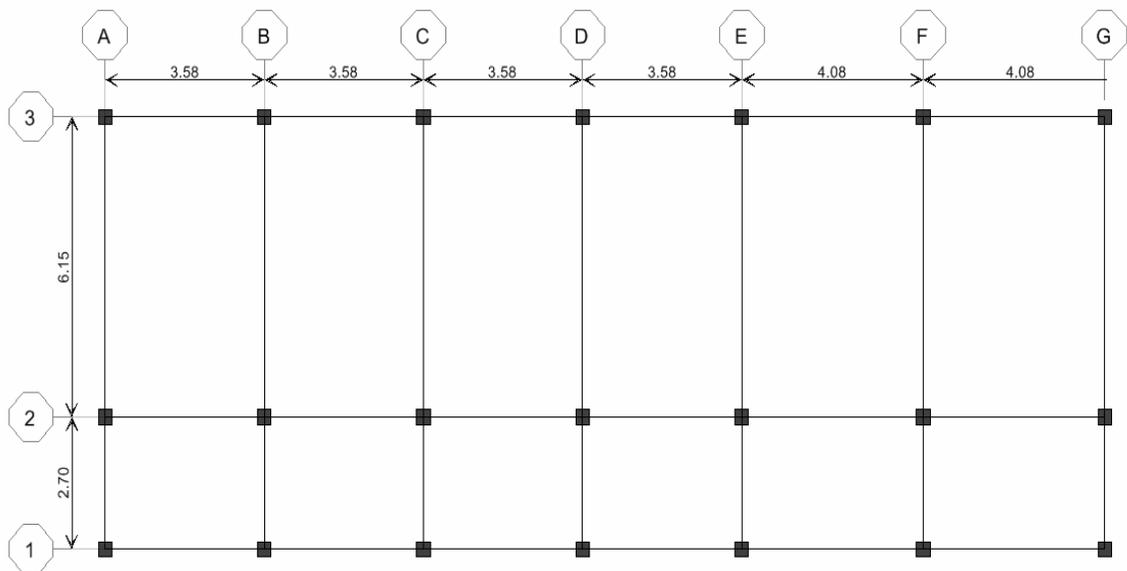


Figura 10. Marco dúctil típico sentido X, edificio de aulas

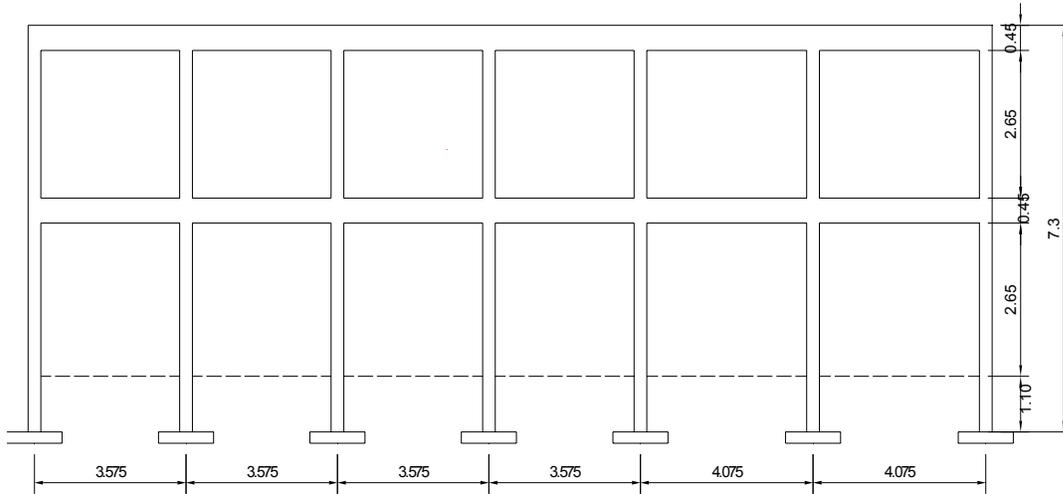
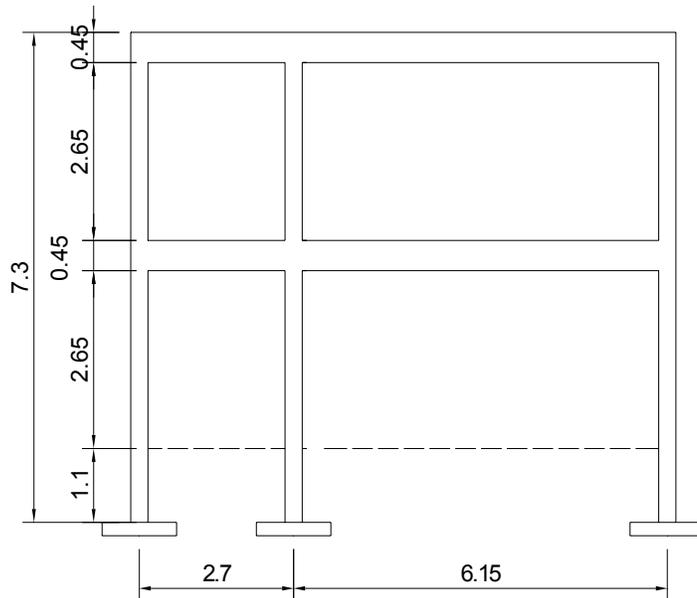


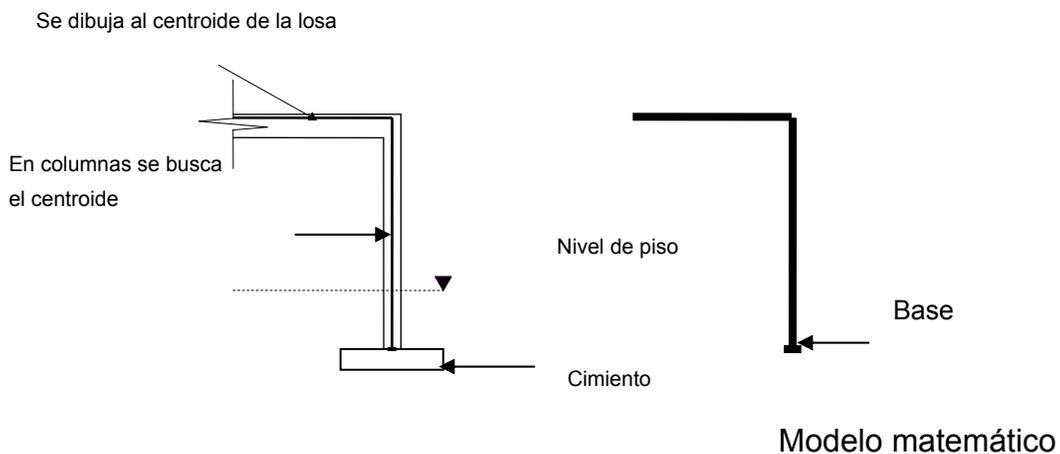
Figura 11. Marco dúctil típico sentido Y edificio de aulas



2.2.4.2 Modelos matemáticos de marcos dúctiles

Un marco dúctil se define como un sistema estructural que consta de vigas y columnas. Así también, su modelo matemático define la forma y las cargas que soporta. Dicho modelo se utiliza para el análisis estructural. Siguiendo los criterios definidos en la figura 8, se dibuja el segmento de marco dúctil del modelo matemático.

Figura 12. Criterios para dibujar modelos matemáticos de marcos dúctiles



Segmento de marco dúctil

En la geometría y en las cargas aplicadas, existe una similitud de los marcos dúctiles, en el cual sólo se analizarán los críticos en el sentido X y en sentido Y.

2.2.4.3 Cargas aplicadas a los marcos dúctiles

Las aulas, en su estructura, están sometidas a cargas de diferente índole, para clasificarlas existe infinidad de criterios. Acá se diferencian de acuerdo con la dirección de su aplicación.

2.2.4.3.1 Cargas verticales en marcos dúctiles

Valores utilizados para las cargas verticales o de gravedad

CARGA MUERTA (CM)	CARGA VIVA (CV)
Peso $W_c = 2,400 \text{ kg/m}^3$	Techo inaccesible = 100 kg/m^2
Peso de acabados = 100 kg/m^2	En pasillos = 550 kg/m^2
Peso de muros = 120 kg/m^2	En aulas = 500 kg/m^2
Sección de viga = $0.30 \times 0.45 \text{ m}$	Espesor de losa = 0.11 m
Sección de columna = $0.30 \times 0.30 \text{ m}$	

A continuación se integran las cargas distribuidas que se muestran en los modelos matemáticos, que fueron calculadas tomando en cuenta los valores descritos con anterioridad y siguiendo el procedimiento siguiente.

$$CM = W_{\text{LOSAS}} + W_{\text{VIGAS}} + W_{\text{MUROS}} + W_{\text{ACABADOS}}$$

$$CM = \text{Areatributaria} * \gamma_{\text{concreto}} * t_{\text{losa}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{muros}}$$

Los resultados de las cargas verticales en el sentido X, niveles 1, 2, se presentan en la figura 13. Las cargas verticales en el sentido Y, niveles 1, 2, se presentan en la figura 14

Figura 13. Modelo matemático, marco dúctil típico sentido X

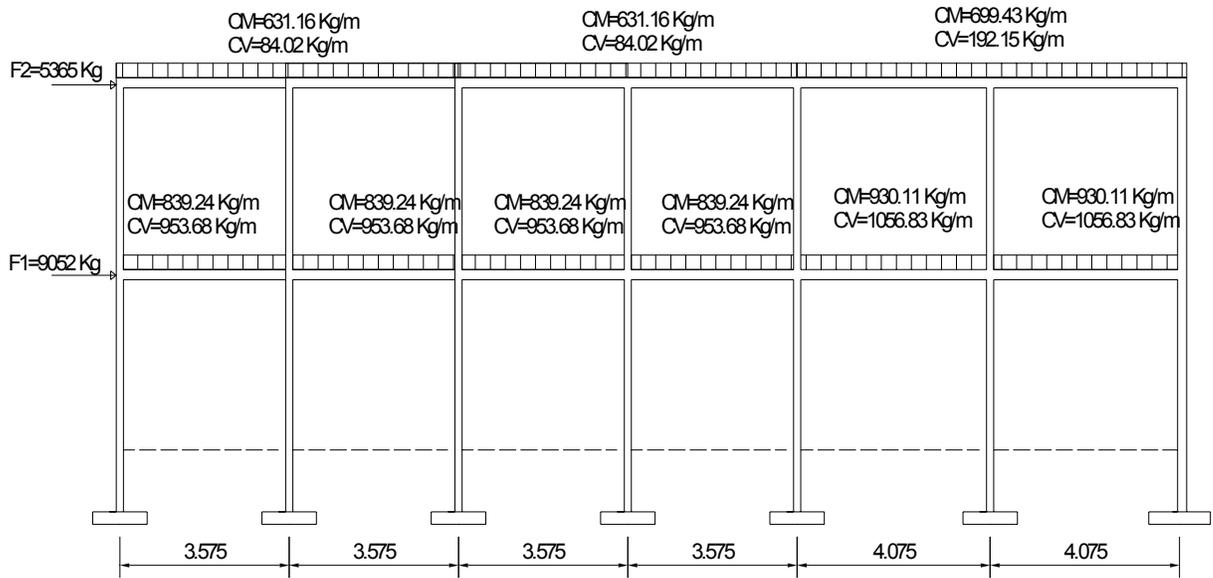
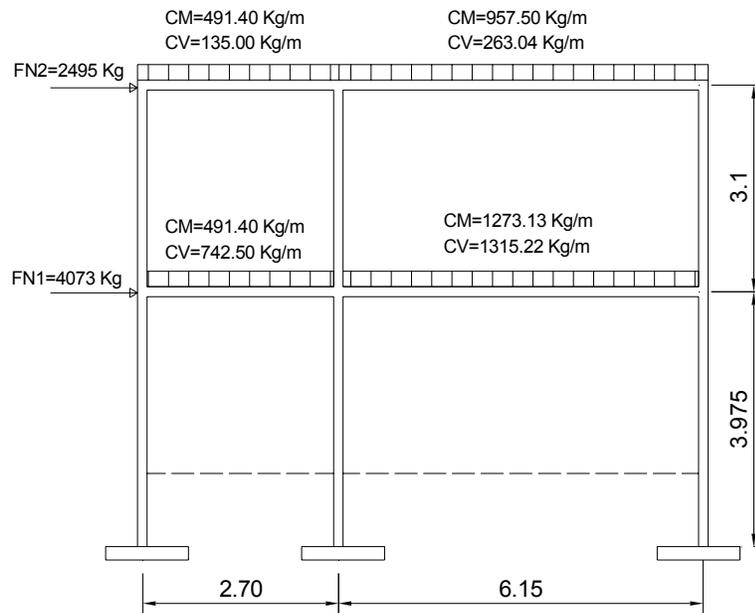


Figura 14. Modelo matemático, marco dúctil típico sentido Y



2.2.4.3.2 Cargas horizontales en marcos dúctiles

Las fuerzas debidas al viento, temblores o empujes de tierras, deben considerarse como cargas horizontales o paralelas a la superficie terrestre y son a las que están expuestos los edificios, pero nunca se integran ambas, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Guatemala está en una zona de gran actividad sísmica; por tanto, se tomó en cuenta este fenómeno para el diseño del edificio. Utilizando el método estático equivalente UBC, se encontraron las fuerzas sísmicas o laterales aplicadas al edificio educativo.

a) Determinación del corte basal (V) Método UBC en edificio de aulas

Fuerza constante V en la base de una construcción debido a las fuerzas sísmicas.

$$V = (Z * I * C * W_{total}) / R_w$$

Donde:

- Z** Coeficiente de riesgo sísmico, que depende de la zona. Para este caso $Z = 0.4$
- I** Depende de la importancia o la utilidad que se le vaya a dar a la estructura después del sismo, y su rango es $1 \leq I \leq 1.50$, para edificios educativos, por criterio se utiliza en este caso $I = 1$
- C** Depende de la flexibilidad de la estructura y se mide con base en el período de vibración, donde S es el coeficiente que depende del tipo de suelo $S = 1.50$, el valor de C no debe exceder a 2.75 y se utiliza para diseñar toda la estructura.

$$C = \frac{1.25 * S}{T^{2/3}}$$

$$T = c_t * (h_n)^{3/4}$$

$c_t = 0.035$ Para marcos de acero

$c_t = 0.030$ Para marcos de concreto

h_n = Altura del edificio en pies sobre la base hasta el nivel alto

R_w = Consideraciones relativas a los materiales del edificio $R_w = 12$

W_{total} = Peso propio de la estructura más 25 % de las cargas vivas

La fuerza de sismo actúa tanto longitudinalmente como transversalmente, por lo que se calcula el corte basal en ambas direcciones, para diseñar el edificio contra un sismo que actúe en cualquier dirección.

Hallando $W_{total} = W_{nivel 1} + W_{nivel 2}$

Donde: $W_{nivel} = W_{losa} + W_{viga} + W_{columna} + W_{muro} + 0.25CV$

Tabla XIV. Integración de cargas por nivel						
NIVEL	W_{losa} kg	W_{viga} kg	W_{col} kg	W_{muro} kg	0.25CV	W_{total} kg
1er. Nivel	72320.43	38782.80	6868.80	10287.30	4967.06	133226.39
2do. Nivel	72320.43	38782.80	26308.80	0.00	25593.00	163005.03
Peso total de la estructura						296231.42

Resultados

$$T = 0.030 * (23.21)^{3/4} = 0.32 < 0.70 \text{ segundos}$$

Como el período es menor a 0.70 segundos, entonces no se considera la fuerza en la cúspide.

$$C = \frac{1.25 * 1.5}{0.32^{2/3}} = 4.32 > 2.75$$

Como C supera los 2.75 se diseñará con 2.75 para toda la estructura.

Puesto que, el corte basal (V) = $V_x = V_y$

$$V = \frac{(0.4 * 1 * 2.75 * 296231.42)}{12} = 27154.55 \text{ kg}$$

b) Determinar Fuerzas por nivel (F_{ni})

Fórmula:

$$F_{ni} = (V - F_t) \frac{W_{hi}}{\sum W_i h_i}$$

Donde:

- F_{ni}** Fuerza por nivel
- V** Corte basal
- F_t** Fuerza adicional de cúspide del edificio, cuando $t < 0.7$ no se considera la fuerza en la cúspide; para este caso entonces $F_t = 0$
- W** Peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas
- W_i** Peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas por nivel.
- H_i** Altura tomada desde la base de la estructura al centro de cada nivel de piso de la estructura.

Solución:

Tabla XV. Integración de fuerzas por nivel							
NIVEL	ALTURA (m)	V (kg)	W*nivel (kg)	Ft (kg)	hi*Wi	Fx (kg)	FAcumx (kg)
1	7.075	27154.55	133226.39	0	942576.71	16902.36	16902.36
2	3.975	27154.55	163005.03	0	647944.99	11062.19	27154.55
				suma	159052.70		

c) Hallando Fuerzas por marco (F_m)

Formulas: $F_m = F_i' \pm F_i''$; $F_i' = \frac{K_i * F_{ni}}{\sum K_i}$; $F_i'' = \frac{e * F_{ni}}{E_i}$

$E_i = \frac{\sum K_i * d_i^2}{K_i * d_i}$; $e = |CM - CR|$; $CR = \frac{\sum K_i * d_i}{\sum K_i}$

Donde:

- F_i'** Fuerza proporcional a la rigidez
- F_i''** Fuerza de torsión
- K_i** Rigidez de marco K = 1 elementos son simétricos
- E_i** Módulo de rigidez
- e** Excentricidad, **e_{MÍNIMA}** = 0.05 *(H. total del edificio)
- CR** Centro de Rigidez $CR = \sum(K_m * L) / \sum K_m$
- CM** Centro de masa, Base/2
- d_i** Distancia de CR a marco considerado

d) Cálculo de centro de masa y centro de rigidez

Tabla XVI. Cálculo de centro de rigidez

Centro de rigidez en X					
Marco	Col	Kc	Km	L	Km*L
A	3	0.22	0.66	0	0
B	3	0.22	0.66	3.575	2.369
C	3	0.22	0.66	7.15	4.719
D	3	0.22	0.66	10.725	7.087
E	3	0.22	0.66	14.30	9.438
F	3	0.22	0.66	18.375	12.127
G	3	0.22	0.66	22.45	14.817
		suma	4.62		50.539

Centro de rigidez en Y					
Marco	Col	Kc	Km	L	Km*L
1	7	0.22	1.54	0	0
2	7	0.22	1.54	2.7	4.158
3	7	0.22	1.54	8.85	13.629
		Suma	4.62		17.787

$$CR_x = 50.539/4.62 = 10.94 \text{ m.}$$

$$CM_x = (22.45)/2 = 11.225 \text{ m.}$$

$$e_x = |11.225 - 10.94| = 0.28 \text{ m}$$

$$e_{\text{MÍNIMA}} = 0.05 \cdot 22.45 = 1.12 \text{ m}$$

$$e_{\text{MÍNIMA}} > e_x \Rightarrow \text{utilizar } e_{\text{MIN}}$$

$$CR_y = 17.787/4.62 = 3.85 \text{ m.}$$

$$CM_y = (8.85)/2 = 4.425 \text{ m.}$$

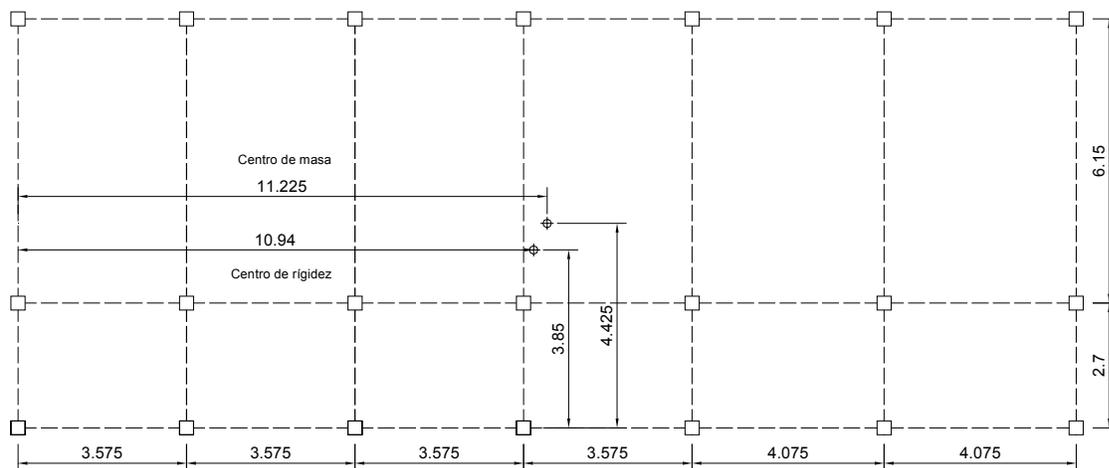
$$e_y = |4.425 - 3.85| = 0.575 \text{ m}$$

$$e_{\text{MÍNIMA}} = 0.05 \cdot 8.85 = 0.4425 \text{ m}$$

$$e_{\text{MÍNIMA}} < e_y \Rightarrow \text{utilizar } e_y$$

En la figura 15 se muestra la distribución de los marcos dúctiles, que se utilizan para calcular los valores de K_i , d_i , CM , CR y e .

Figura 15. Centro de masa y centro de rigidez



Luego de la integración total de las cargas, tanto las de entrepiso como las de techo inaccesible, se procede al análisis estructural, donde el objetivo técnico se refiere a la determinación de fuerzas y desplazamientos que sufre la estructura.

En un proceso de análisis se puede considerar como un problema de optimización, porque lo ideal sería poder satisfacer todos los requisitos de esfuerzos y restricciones de los desplazamientos con los elementos

estructurales más esbeltos posibles y así minimizar el costo del sistema estructural. Pero eso implicaría llevar a cabo el mismo proceso en forma sucesiva; tantas veces, hasta que se logre una estructura segura y económica, siendo éste el fin de la ingeniería.

En este caso, se diseñará la estructura con base en las fuerzas obtenidas del análisis y después se procederá a revisar si satisfacen los desplazamientos, luego de haber satisfecho todas las restricciones relativas a los esfuerzos para los que fue calculada. El análisis antes mencionado consistiría en llevar a cabo el cálculo de las fuerzas correspondientes, para cada una de las cinco combinaciones de cargas a las que será sometido cada marco. Las cargas incluidas serán uniformemente distribuidas y puntuales.

En las combinaciones siguientes se utilizan factores asignados a cada carga y que tienen influencia en el grado de precisión requerido, para el cual generalmente se puede calcular el efecto de la carga y la variación en la misma que puede esperarse durante la vida de la estructura. Por esta razón, a las cargas muertas, se les asigna un factor de carga menor que a las cargas vivas, debido a que estas se determinan con mayor precisión y son menos variables.

Los factores con que se multiplican las cargas de servicio se hacen con el fin de responder a los efectos de la carga excesiva de tales fuentes posibles, como pueden ser las sobrecargas y las suposiciones simplificadas en el análisis estructural.

El reglamento ACI 318-2005 apéndice C.2 proporciona los factores de carga para las combinaciones específicas, y toma en consideración la probabilidad de ocurrencia simultánea al asignar los factores, aunque sólo incluyen las más probables generalmente. Por esta razón, el diseñador no

debe suponer que estén cubiertos todos los casos. Así que debe estudiar bien su proyecto.

Por lo tanto, se tomarán en consideración las diversas combinaciones de carga, con el fin de determinar la condición de diseño más crítica, y así se diseñará con la resistencia que se requiere para resistir las cargas afectadas por su factor de carga correspondiente. A continuación se describen las combinaciones de carga más usadas y reglamentadas por el ACI.

$$C_1 = 1.40*CM + 1.70*CV$$

Considerando efectos de sismo se tiene:

$$C_{2,3} = 0.75*(1.40*CM + 1.70*CV \pm 1.87*S)$$

El signo de la carga lateral dinámica (S) depende de la dirección en la que esté trabajando el sismo. Si en la combinación anterior se incluye el valor total de la carga viva, en la siguiente se tomará el valor cero, para determinar la condición crítica.

$$C_{4,5} = 0.90*CM \pm 1.43*S$$

Para determinar los valores finales en el diagrama de envolventes se usó la siguiente combinación.

$$C = 0.75*(1.40*CM + 1.70*CV \pm 1.40265*S)$$

2.2.4.4 Análisis de marcos dúctiles por medio de software (ETABS)

Descripción del método de los elementos finitos

- El continuo elástico se divide mediante líneas o superficies imaginarias, elementos que son el tipo de estructura más frecuente; y está compuesto por barras o miembros de sección constante.
- Se supone conexión de los elementos mediante puntos discretos, denominados nudos, situados en sus contornos. Los desplazamientos de estos nudos serán las incógnitas del problema.
- Se toma un conjunto de funciones que definan de manera única los desplazamientos en cada elemento, en función de los desplazamientos nodales.
- Las funciones de desplazamientos definen el estado de deformación. Las deformaciones y las relaciones esfuerzo-deformación del material definen el estado de esfuerzos.
- Haciendo equilibrio entre las fuerzas concentradas en los nudos y los esfuerzos en el contorno de los elementos, se plantean las relaciones fuerza- desplazamiento.
- Establecido el equilibrio en cada nudo, se plantea de forma global el sistema de ecuaciones de equilibrio.
- Se introducen las condiciones de contorno, para luego, resolver el sistema de ecuaciones lineales.
- Encontradas las incógnitas (desplazamientos nodales), se introducen en las relaciones deformación-esfuerzo, obteniendo los esfuerzos a que se encuentra sometido en continuo elástico.

2.2.4.4.1 Resumen general del programa de computadora ETABS educacional

Metodología para el análisis estructural de un edificio

En consecuencia, dentro de la construcción de un modelo existen tres procesos a desarrollar:

- El primero, llamado pre-proceso, en el cual se define todo lo relacionado a la geometría del edificio, y la entrada de datos en general.
- Posteriormente el análisis, que depende del tipo de problema, se aplican las distintas teorías de análisis estructural.
- Y por último, el pos-proceso, que es la manera de visualizar los resultados numéricos a través de gráficos.

Pre-cálculo y pos proceso dentro del análisis estructural

ETABS es un programa de análisis, elástico lineal y de segundo orden de estructuras, por medio del método de los elementos finitos.

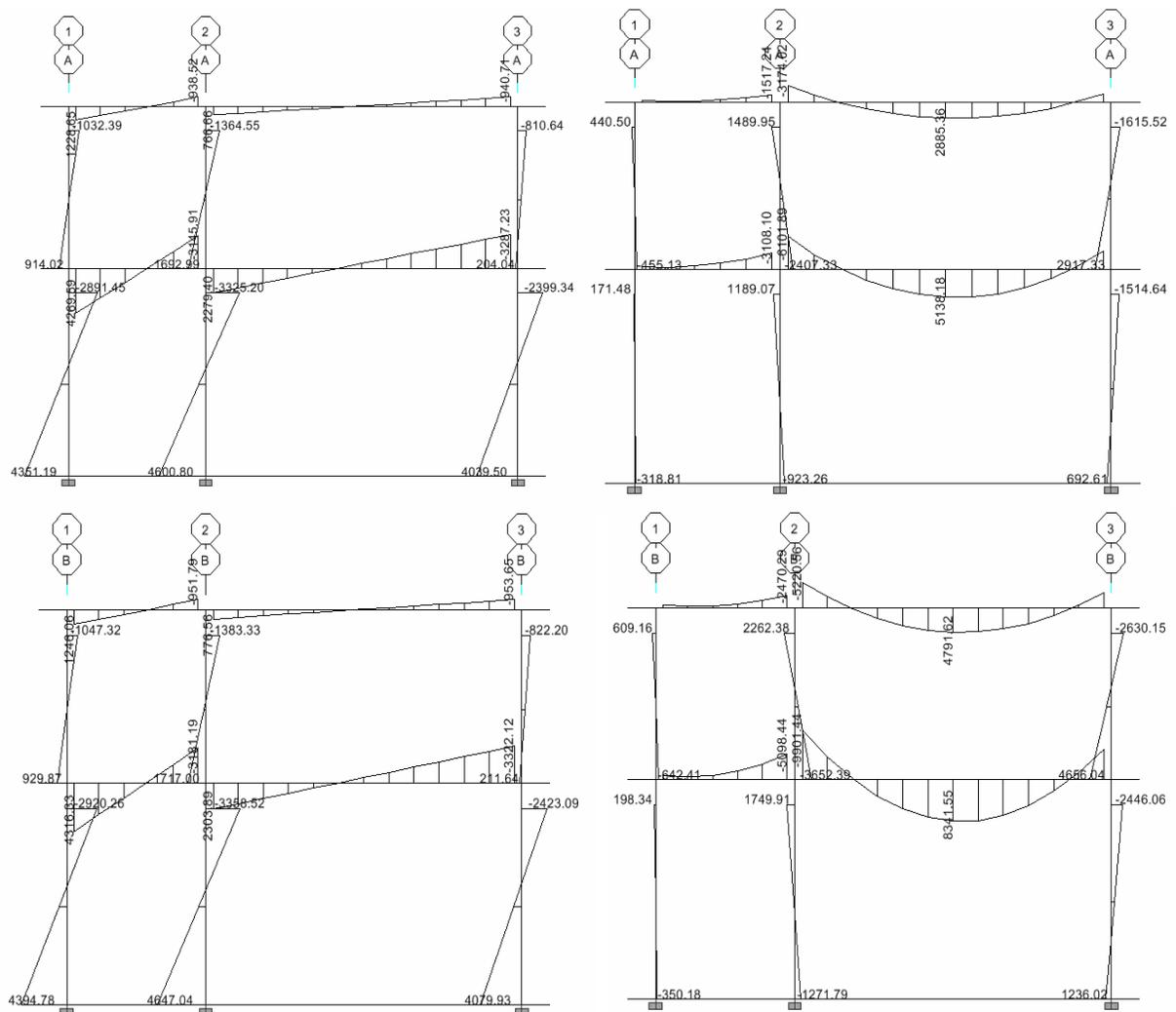
La preparación de datos para el desarrollo de un problema estructural comprende básicamente:

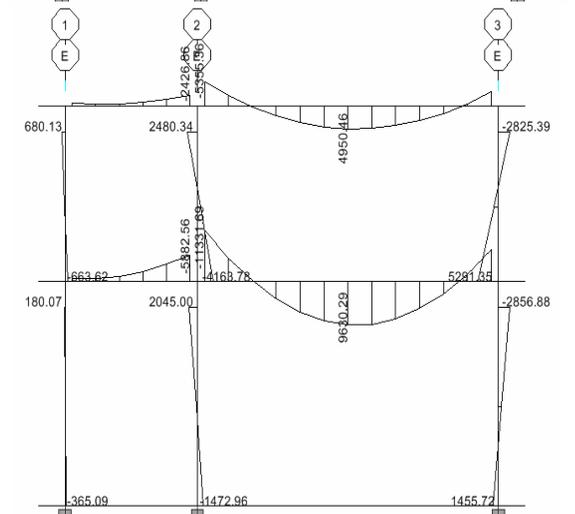
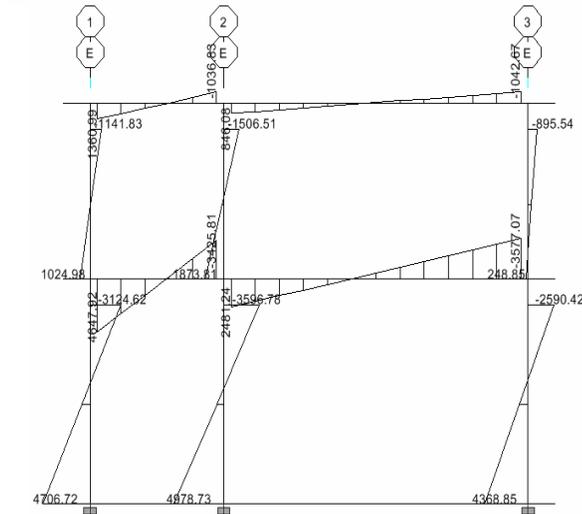
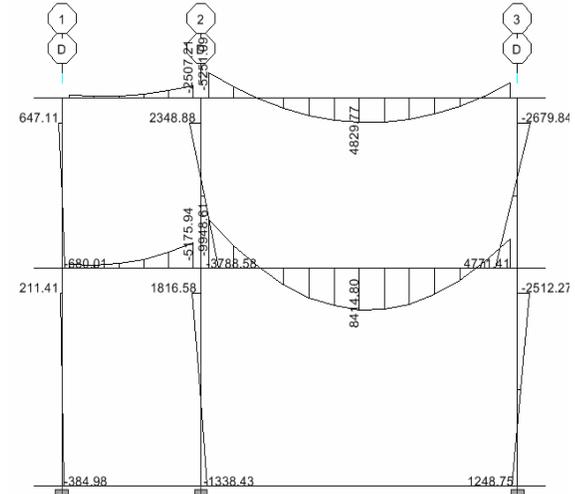
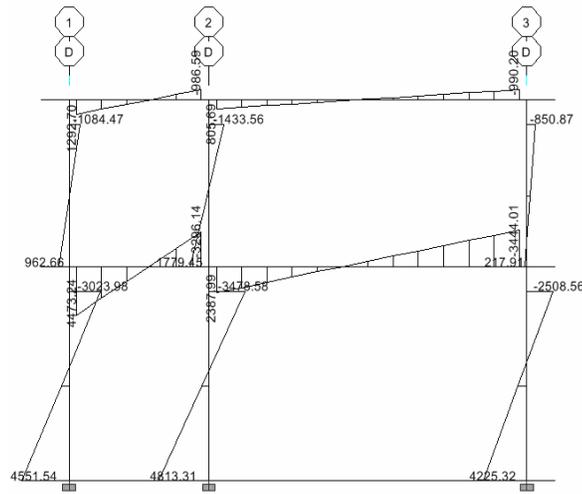
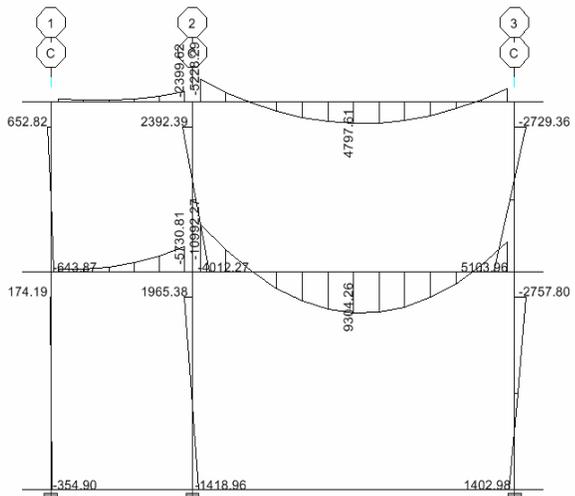
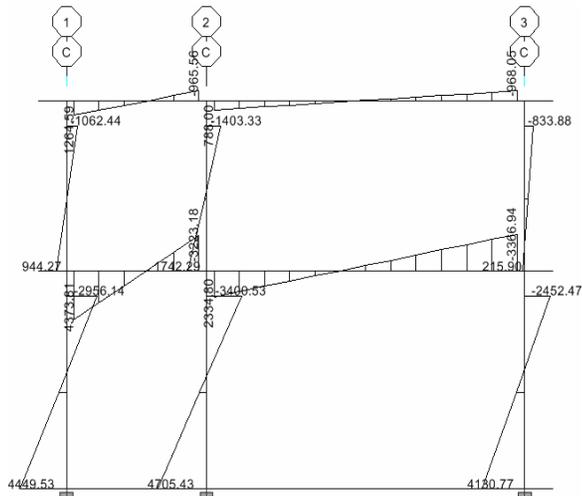
- La descripción de la geometría estructural y de los materiales, así como sus condiciones de borde y datos generales
- La definición de los estados de carga para los cuales la estructura precisa ser analizada

Resultados de las combinaciones de carga

A continuación se presentan los resultados del análisis estructural de la carga muerta, la carga viva y la fuerza de sismo por separado, de los marcos típicos sentido Y, que se observan en las figuras siguientes:

Figura 16. Diagramas de momentos de CM+CV y diagramas de fuerza sismo en marcos dúctiles sentido Y, ejes A,B,C,D,E,F y G





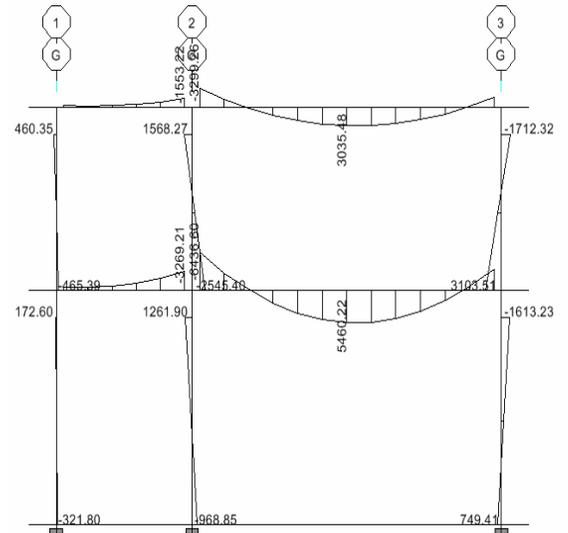
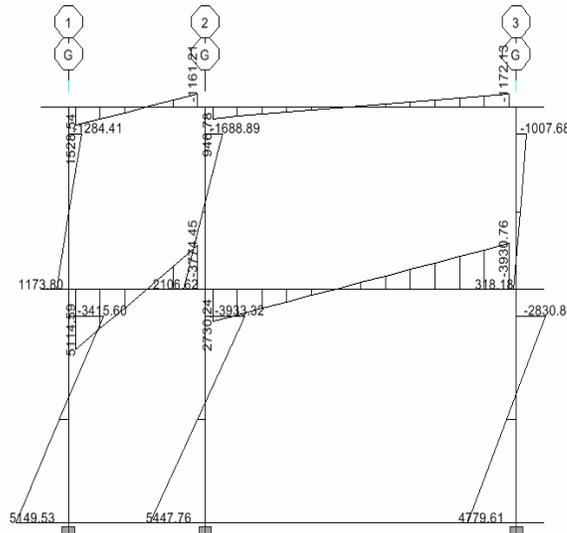
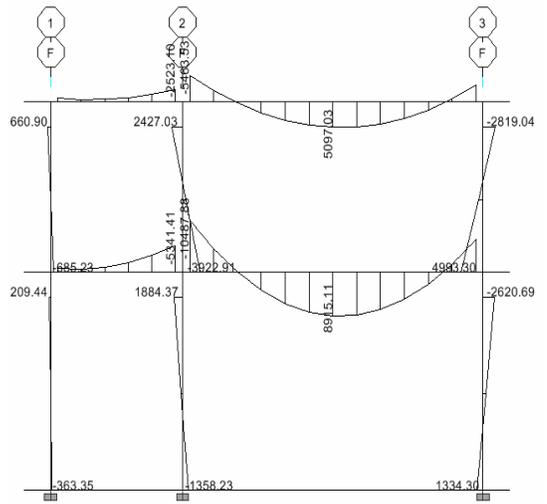
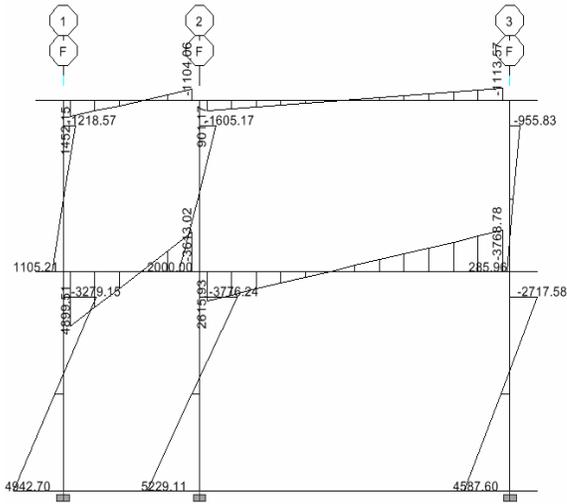


Figura 17. Diagramas de momentos de -carga muerta + carga viva-marco dúctil sentido X, ejes 1,2 y 3

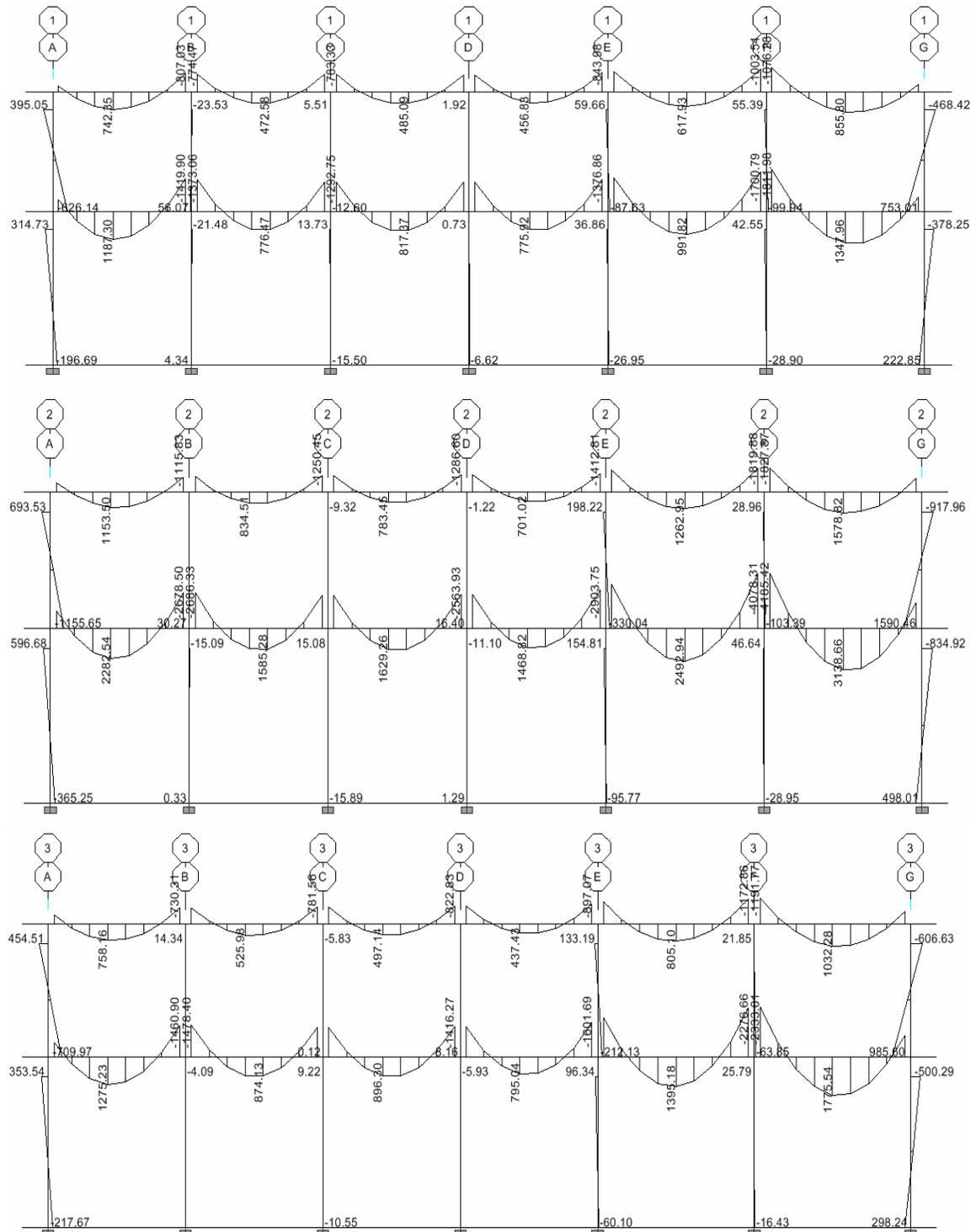


Figura 18. Diagrama de momentos –fuerza de sismo–marco dúctil X , ejes 1,2 y 3

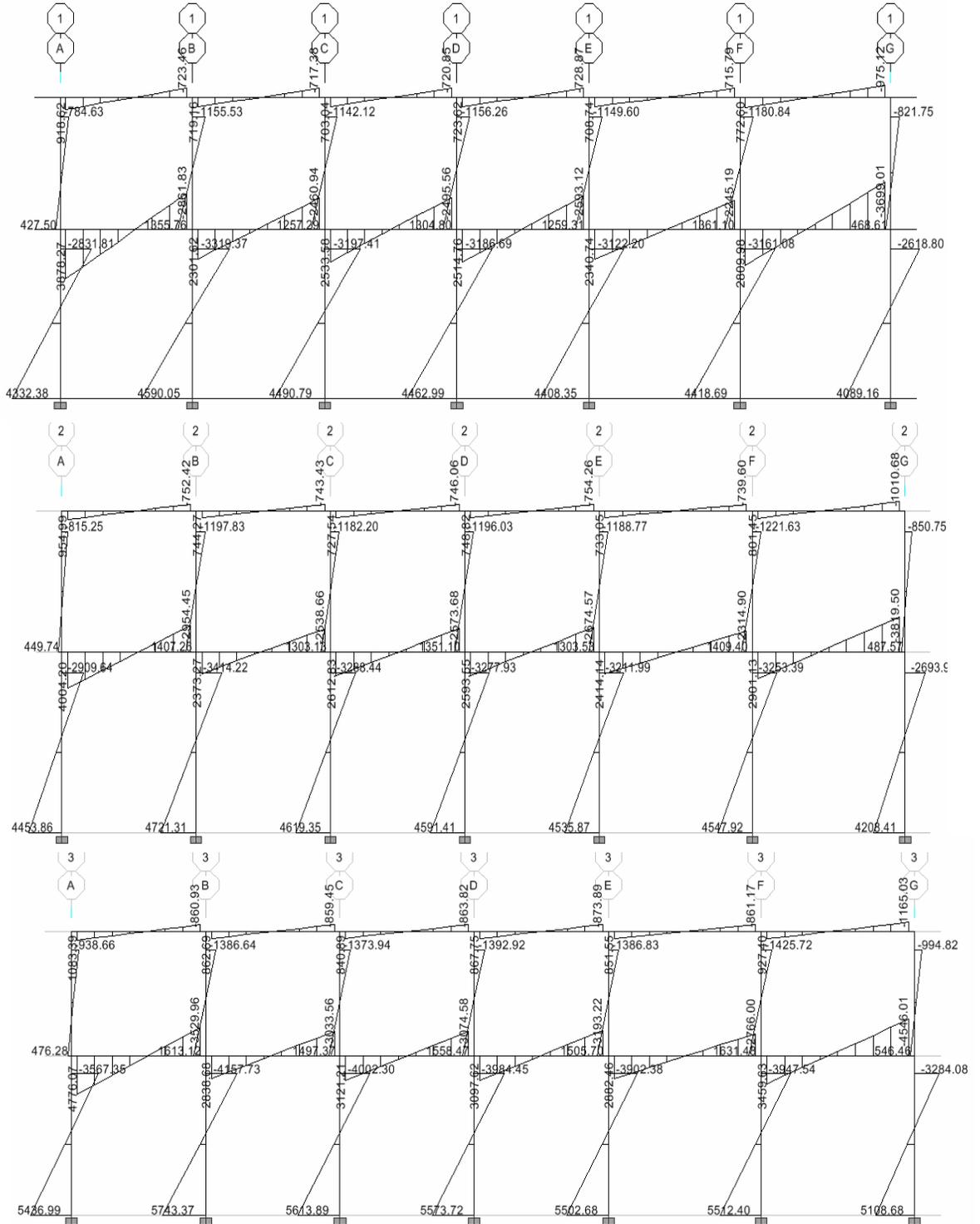


Figura 19. Diagramas de corte-carga viva + carga muerta

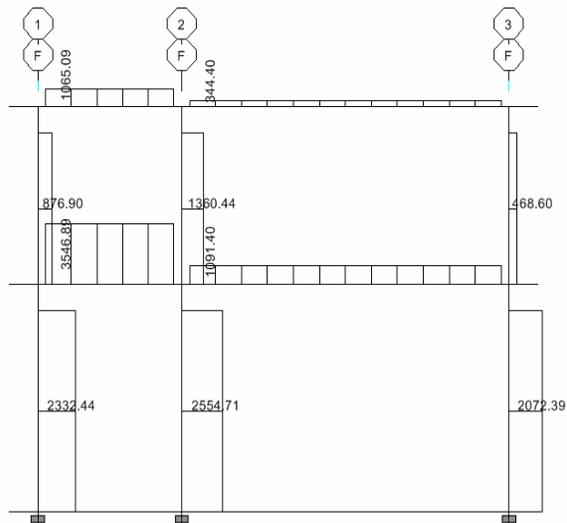
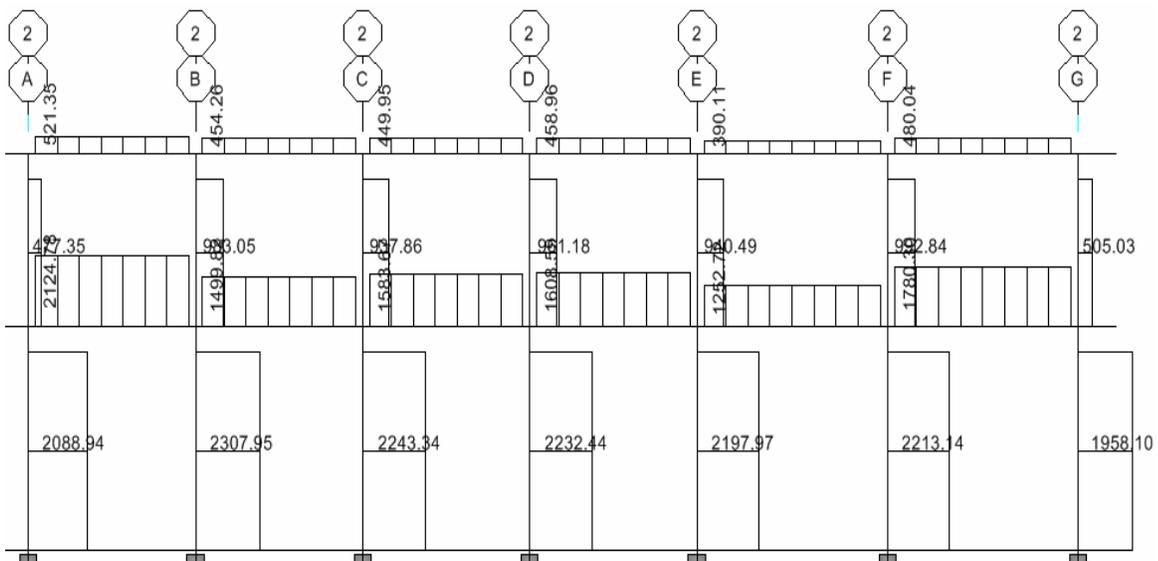


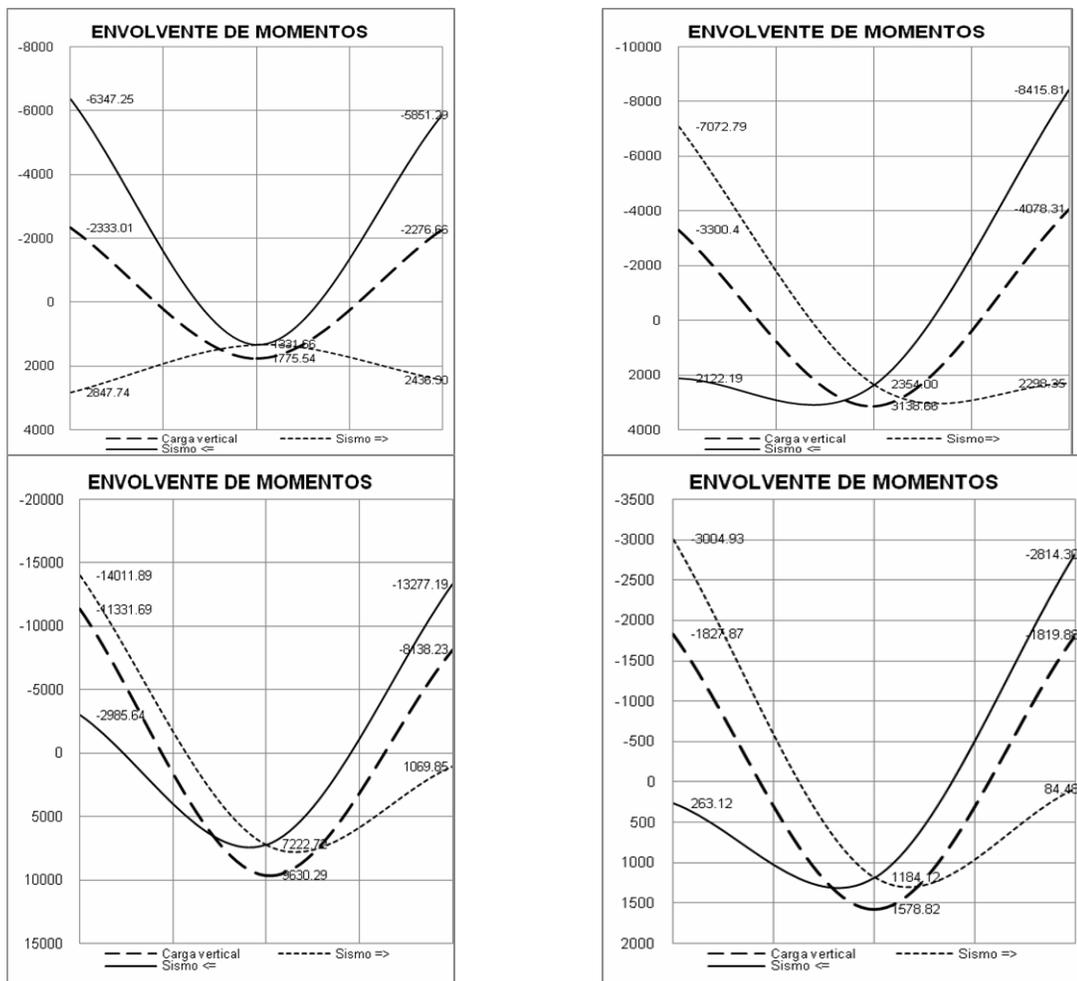
Figura 20. Diagramas de corte-carga viva + carga muerta



2.2.4.5 Momentos últimos por envoltorio de momentos

La envoltorio de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que pueden ocurrir al superponer los efectos de la carga muerta, la carga viva y la carga sísmica. Empleando las combinaciones de las ecuaciones que recomienda el Reglamento ACI 318-2005, se calculan todas las envoltorios de momentos para los marcos rígidos sentido X y Y, cuyos resultados pueden observarse en las figuras siguientes de marcos críticos.

Figura 21. Envoltorio de momentos para marcos críticos



2.2.4.6 Diagrama de cortes últimos en marcos dúctiles

Figura 22. Diagrama de corte último marco dúctil Y

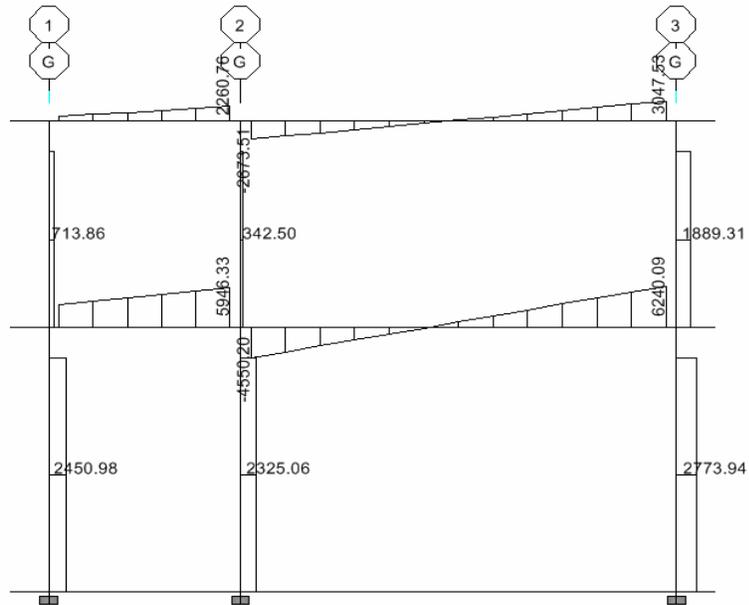
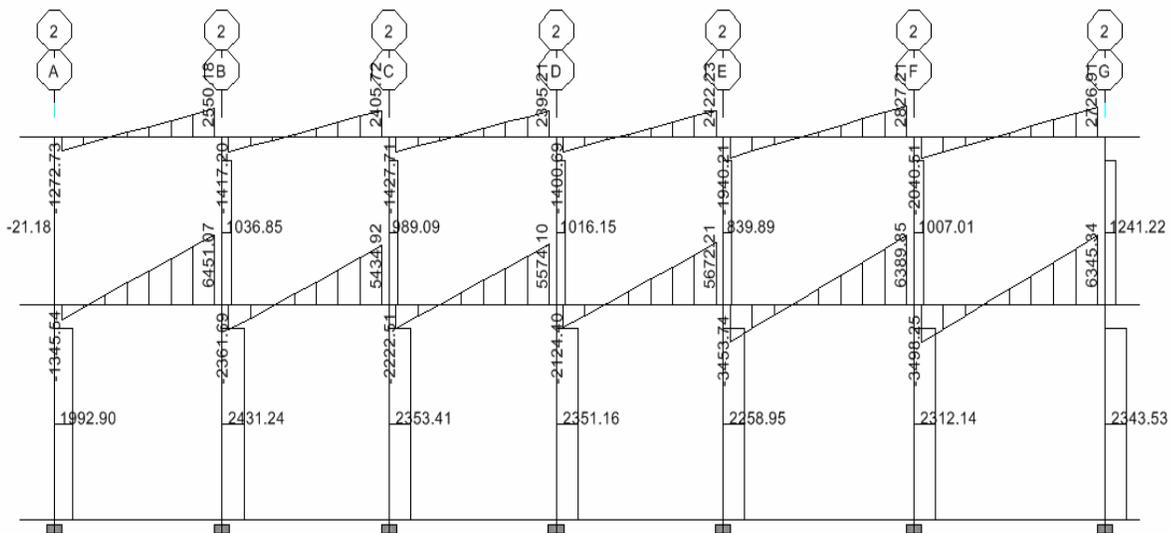


Figura 23. Diagrama de corte último marco dúctil eje X



2.2.5 Diseño estructural

Es la acción que se realiza, por medio de una continuación de cálculos, con el fin de especificar las características de los distintos elementos que componen una estructura, siendo esta la parte de la construcción que se destina para soportar cualquier tipo de carga aplicada al servicio.

Para diseñar la estructura del edificio del instituto, se usan las notaciones siguientes.

DESCRIPCIÓN	MATERIALES:	RECUBRIMIENTOS:
Resistencia a la fluencia del refuerzo	$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$	Vigas = 0.04 m
Módulo de elasticidad del refuerzo	$E_s = 2.1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$	Columnas = 0.03 m
Peso específico del concreto	$\gamma_c = 2,400 \text{ kg/m}^3$	Losas=0.025m
Peso específico del suelo	$\gamma_s = 1,600 \text{ kg/m}^3$	Cimientos = 0.075 m
Resistencia del concreto	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Cota de cimiento = 1.1m
Módulo de elasticidad del concreto	$E_c = 15,100 (f_c)^{1/2} \text{ kg/cm}^2$	

Los recubrimientos descritos para los distintos elementos son requeridos según el Reglamento ACI 318-2005, sección 7.7.

2.2.5.1 Diseño de losas

Una losa de concreto armado es una placa ancha y lisa, generalmente horizontal, con superficies superior e inferior paralelas o aproximadamente paralelas, soportadas por vigas de concreto armado y por muros de mampostería o de concreto armado. Por su espesor, pueden dividirse en planas $0.09 \leq t \leq 0.13$ y nervadas $t > 0.13$. Para diseñarlas existen varios métodos. En

este caso se utiliza el método de diseño directo del Reglamento ACI 318-2005, sección 13.6, que a continuación se describe.

Para este método, el citado Reglamento, proporciona tablas de coeficientes de momentos para una variedad de condiciones de apoyos de bordes. Estos coeficientes se basan en un análisis elástico y en una distribución inelástica. Los momentos al centro de ambas direcciones de la losa son mayores que en las regiones cerca de los bordes.

El método define que si la relación $m = A/B$ es mayor que 0.5 se considera la losa como reforzada en dos direcciones, y solo se puede usar en las 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.

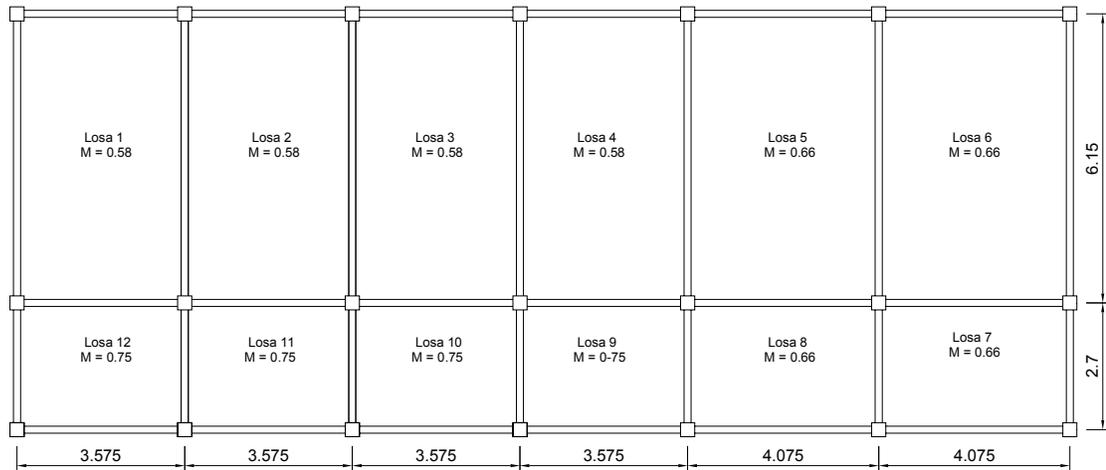
2.2.5.1.1 Losas nivel 1

Procedimiento para el diseño de losas del edificio de aulas, aplicado a las losas del nivel 1.

a) Datos: Las dimensiones pueden observarse en la figura 20, y los datos de cargas se encuentra en la sección 2.2.4.3

b) Espesor de la losa (t): El método y el procedimiento de cálculo del espesor de las losas se determinó con anterioridad, dando como resultado en este caso, $t = 0.11$ m. para el edificio del instituto.

Figura 24. Planta típica de distribución de losas, edificio de aulas nivel 1



Como se muestra en la figura 20 las losas trabajan en dos sentidos.

c) Carga última o carga de diseño

$$CM = \gamma_c * t + W_{\text{acabados}} \Rightarrow$$

$$CM = 2400 \text{ Kg/m}^3 * 0.11 \text{ m} + 100 \text{ Kg/m}^2 = 364 \text{ Kg/m}^2$$

$$CV = 500 \text{ Kg/m}^2 \text{ para aulas}$$

$$Cv = 550 \text{ Kg/m}^2 \text{ para pasillos}$$

$$CU = 1.4CM + 1.7CV$$

$$CUu = (1.4CM + 1.7CV) * 1 \text{ m} \Rightarrow \text{Por metro lineal}$$

$$CUu = (1.4 * 364 \text{ Kg/m}^2 + 1.7 * 550 \text{ Kg/m}^2) * 1 \text{ m} = 1444.6 \text{ Kg/m}$$

d) Momentos actuantes

Fórmulas: **MOMENTOS NEGATIVOS**

$$Ma(-) = Ca(-) * C.U. T. * a^2$$

$$Mb(-) = Cb(-) * C.U.T. * b^2$$

MOMENTOS POSITIVOS

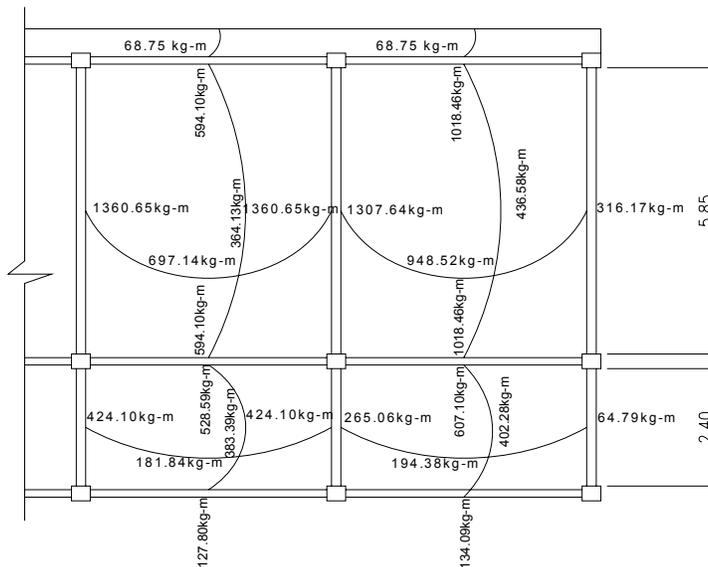
$$M_a(+) = C_a(+)_cv \cdot CVU \cdot a^2 + C_a(+)_cm \cdot CMU \cdot a^2$$

$$M_b(+) = C_b(+)_cv \cdot CVU \cdot b^2 + C_b(+)_cm \cdot CMU \cdot b^2$$

Donde: $C_a(-)$, $C_b(-)$, = Coeficientes
 $C_a(+)_cv$, $C_b(+)_cv$ = coeficientes positivo de carga viva
 $C_a(+)_cm$, $C_b(+)_cm$ = coeficientes positivo de carga muerta
 CMU = Carga muerta última
 CVU = Carga viva última
 CUu = Carga última unitaria
 a = lado menor
 b = lado mayor

Si siguiendo el procedimiento anterior, se calculan los momentos positivos, negativos en el sentido corto (a) y de sentido largo (b) de las losas. Su distribución se presenta en la figura 25.

Figura 25. Distribución de momentos losas típicas nivel 1



f) Balanceo de momentos: Para determinar el momento balanceado (MB), el procedimiento es el siguiente:

- Si $M1 > 0.80 \cdot M2 \Rightarrow$

$$MB = \frac{M1 + M2}{2}$$

- Si $M1 < 0.80 \cdot M2 \Rightarrow$

Hay que hacer una distribución directamente proporcional a la rigidez (K).

Fórmulas:

$$Dn = \frac{K1}{K1 + K2} \quad (+) \quad \left[\begin{array}{c} D1 \\ M1 \\ (M2 - M1) \cdot D1 \\ MB \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} D2 \\ M2 \\ (M2 - M1) \cdot D2 \\ MB \end{array} \right] \quad (-)$$

Donde :

M1 = momento menor

M2 = momento mayor

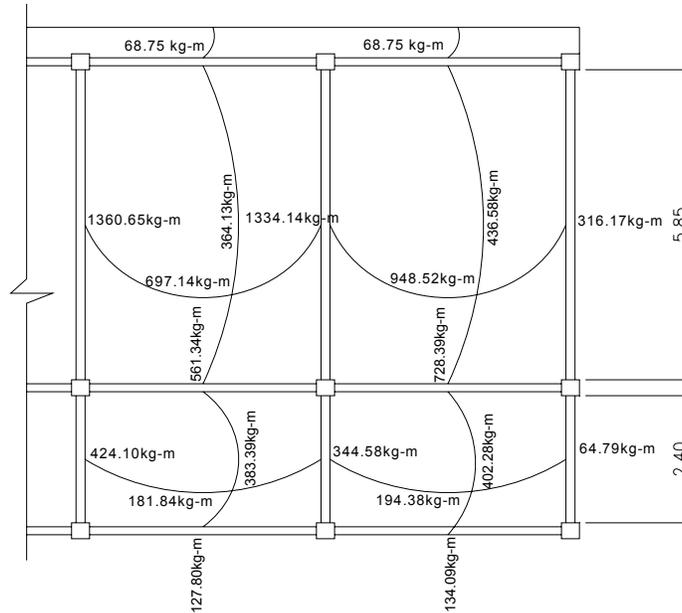
MB = momento balanceado

K1, K2 = rigideces de las losas 1 y 2, respectivamente

D1, D2 = factores de distribución de las losas 1 y 2, respectivamente.

A continuación se muestra la gráfica de momentos balanceados para la losa del nivel 1

Figura 26. Momento balanceados, losa nivel 1



g) Diseño del acero de refuerzo: El procedimiento a utilizar para las losas es el mismo que para una viga, solo que con un ancho unitario de 1.00 m. Se describe a continuación.

Cálculos de límite de acero

$$A_{s_{\min-losa}} = 40\% \text{ del } A_{s_{\text{viga}}}$$

$A_{s_{\min}} = 0.40(14.1/f_y)b*d = 2.46 \text{ cm}^2$, para losas en dos sentidos, según Reglamento ACI 318-2005, sección 10.5.

Momentos que el A_s es capaz de resistir

$$b=100\text{cm} \quad f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2 \quad \phi = 0.90$$

$$d=8.5\text{cm} \quad f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$MA_{s_{\min}} = \phi \left[A_s * F_y \left(d - \frac{A_s * F_y}{1.7 * f_c * b} \right) \right] = 517 \text{ Kg-m}$$

Área de acero requerida para momentos mayores al A_s min

Para momentos menores que el Momento del A_s min, se usa A_s min, y para momentos mayores que Momentos A_s min, se calcula con la siguiente fórmula:

$$A_s = \left(b * d - \left((b * d) - \left(\frac{M * b}{0.003825 * f_c} \right) \right)^{1/2} \left(\frac{0.85 * f_c}{F_y} \right) \right)$$

- **Espaciamiento entre varillas para refuerzo**

La separación entre varillas se calcula con $S = A_v/A_s$, teniendo en cuenta que el espaciamento máximo de este refuerzo no deberá exceder lo que sea menor: tres veces el espesor (3t), o 50 cm, según Reglamento ACI, sección 10.5.4.

Los resultados de los cálculos de las losas de la planta baja se presentan en la tabla siguiente:

Tabla XVII. Área de acero requerido para las losas típicas, nivel 1

B	d	M	f_c	F_y	A_s Req.	A_s mín	Ø	S
Cm	cm	kg-m	kg-cm²	kg-cm²	cm²	cm²	cm	cm
100	8.5	594	210	2810	2.84	2.46	1.27	44
100	8.5	607	210	2810	2.90	2.46	1.27	44
100	8.5	948	210	2810	4.61	2.46	1.27	27
100	8.5	1018	210	2810	4.66	2.46	1.27	27
100	8.5	1334.14	210	2810	6.61	2.46	1.27	19
100	8.5	1360,65	210	2810	6.75	2.46	1.27	18

2.2.5.1.2 Losas nivel 2

Para el diseño de losas del nivel 2, el procedimiento de cálculo es el mismo que para las del nivel 1. Los momentos resultantes son menores que el momento que cubre A_s min. Entonces, el A_s requerido para losas nivel 2 se presenta en la tabla XVIII y su armado se presenta en los planos, anexos.

Figura 27. Momento balanceados, losa nivel 2

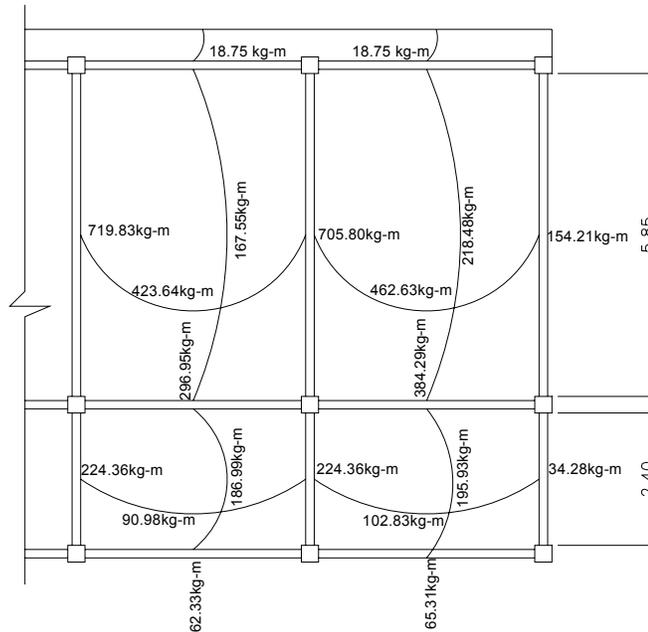


Tabla XVIII. Área de acero requeridas para las losas típicas nivel 2

B	d	M	f'c	Fy	As Req.	As mín	Ø	S
Cm	cm	kg-m	kg-cm ²	kg-cm ²	cm ²	cm ²	cm	cm
100	8.5	705.80	210	2810	3.39	2.46	1.27	37
100	8.5	719.83	210	2810	3.46	2.46	1.27	36

NOTA: el espaciamiento máximo no debe de exceder $3*d = 3*8.5 = 25.5$ cm

Por lo cual usaremos un espaciamiento de 25cm para el segundo nivel.

2.2.5.2 Diseño de vigas

Se utilizará el método de fórmula cuadrática para encontrar A_s . Consiste en diseñar las secciones de los miembros de las estructuras tomando en cuenta las deformaciones inelásticas para alcanzar la resistencia máxima, cuando se aplica una carga máxima a la estructura, igual a la suma de carga de servicio multiplicada por su factor respectivo de carga. Los datos necesarios para su diseño son los momentos últimos y cortes últimos actuantes a rostro, que se toman del análisis estructural.

2.2.5.2.1 Diseño de viga 1

a) Método para encontrar A_s

Datos $b = 30 \text{ cm}$ $d = 41 \text{ cm}$
 $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
 $M_u = 14011.89 \text{ kg-m}$ (de envolvente de momentos)

$$\text{Fórmula: } M_u = \phi \left[A_s * F_y \left(d - \frac{A_s * F_y}{1.7 * f'_c * b} \right) \right]$$

Hallando A_s de la ecuación se tiene:

$$14011.89 = 0.90 \left[A_s * 2810 \left(41 - \frac{A_s * 2810}{1.7 * 210 * 30} \right) \right] = 14.94 \text{ cm}^2$$

b) Límites requeridos o porcentajes de refuerzo

$$\rho = A_s / b * d = 14.94 / 30 * 41 = \mathbf{0.012}$$

$$\rho_{\min} = 14.1 / F_y = 14.1 / 2,810 = \mathbf{0.01}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \beta(0.85)[6120 / (6120 + F_y)](f'_c / F_y)$$

$$\beta = 0.85 \text{ para } f'c \leq 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$0.85^2 [6120 / (6120 + 2810)] (210 / 2810) = \mathbf{0.037}$$

$$\rho_{\max} = \emptyset * \rho_{\text{bal}} = 0.5 * 0.037 = \mathbf{0.019}$$

$$\emptyset = 0.5 \text{ en zona sísmica}$$

$$A_{s_{\min}} = \text{área de acero mínimo} = (14.1 / f_y) * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = (14.1 / 2810) * 30 * 41 = \mathbf{6.17 \text{ cm}^2}$$

$$\rho_{\text{BAL}} = \mathbf{0.037}$$

$$A_{s_{\max}} = \text{área de acero máximo} = \emptyset * \rho_{\text{BAL}} * b * d = 0.5 * 0.037 * 30 * 41 = \mathbf{22.72 \text{ cm}^2}$$

Chequeando límites,

$$A_{s_{\min}} \leq A_s \leq A_{s_{\max}}. \text{ Entonces } \mathbf{6.17 \leq 14.94 \leq 22.72}$$

Así pues, A_s es correcto.

c) Refuerzo longitudinal

Del diagrama de envolvente de momentos y cortes últimos en el sentido Y, nivel 1, de las figura 21 y 22 se obtienen los momentos de diseño.

Momentos negativos

$$M(-) = 14011.49 \text{ Kg-m} \Rightarrow A_{s(-)} = 14.94 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{colocar } 2\#7 + 2\#7 \text{ (15.48 cm}^2\text{)}$$

$$M(-) = 13277.19 \text{ Kg-m} \Rightarrow A_{s(-)} = 14.07 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{colocar } 2\#7 + 2\#7 \text{ (15,48 cm}^2\text{)}$$

Momentos positivos

$$M(+) = 9530.29 \text{ Kg-m} \Rightarrow A_{s(+)} = 9.81 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{colocar } 2\#7 + 1\#5 \text{ (9.72 cm}^2\text{)}$$

d) Requisitos sísmicos para armado:

Para la cama superior: se debe colocar, como mínimo, dos varillas de acero en forma continua o tomar el mayor de los siguientes valores:

- $A_{s_{\min}}$,
- 33%, del área de acero calculada para el momento negativo.

Para la cama inferior: se debe colocar como mínimo dos varillas de acero continuo o tomar el mayor de los siguientes valores:

- $A_{s_{\min}}$,
- 50%, del área de acero calculada para el momento negativo,
- 50% del área de acero calculada para el momento positivo, según Reglamento ACI 318-2005 sección 21.3.2.

Para la cama superior al centro

- a) 2 No. 7 = 7.74 cm²
 - b) $A_{s_{\min}} = 6.17 \text{ cm}^2$
 - c) 33% $A_{s_{M(-)}} = 0.33 (14.94 \text{ cm}^2) = 4.93 \text{ cm}^2$
- } Usar 2 No. 7 = 7.74 cm² corridos

Para la cama inferior en apoyos

- a) 2 No. 7 = 7.74 cm²
 - b) $A_{s_{\min}} = 6.17 \text{ cm}^2$
 - c) 50% $A_{s_{M(-)}} = 0.50 (14.94 \text{ cm}^2) = 7.47 \text{ cm}^2$
 - d) 50% $A_{s_{M(+)}} = 0.50 (9.81 \text{ cm}^2) = 4.90 \text{ cm}^2$
- } Usar 2 No. 7 = 7.74 cm² corridos

f) Acero de refuerzo transversal (estribos)

Se deben disponer estribos en las siguientes zonas de los elementos:

- En una longitud igual a dos veces el peralte del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hasta la mitad del claro, en ambos extremos del elemento en flexión: $L_o = 2 \cdot h = 2 \cdot 45 = \mathbf{90 \text{ cm}}$.
- En longitudes iguales a dos veces el peralte del elemento en ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión en conexión con desplazamientos laterales inelásticos del marco.

El primer estribo debe estar situado a no más de 5 centímetros de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento máximos de los estribos no debe exceder de: a) $d/4$, b) ocho veces el diámetro de la varilla de diámetro más pequeño, c) 24 veces el diámetro de la varilla del estribo ó d) 30 cm, según Reglamento ACI 318-2005 sección 21.3.3.1, 21.3.3.2.

Cuando no se requieran estribos, deben estar situados a no más de $d/2$ a lo largo de la longitud del elemento, según Reglamento ACI 318-2005 sección 21.3.3.4.

Utilizando el corte máximo, figura 19, se tiene **$V_{\max} = 6451.10 \text{ kg}$** .

Corte máximo del concreto (V_c) = $\phi \cdot 0.53 \cdot (f'_c)^{1/2} \cdot b \cdot d$

$$V_c = 0.85 \cdot 0.53 \cdot (210)^{1/2} \cdot 30 \cdot 41$$

$$\mathbf{V_c = 8029.89 \text{ kg}}$$

Comparando $V_{\max} < V_c \Rightarrow$ no necesita refuerzo transversal (estribos) utilizando estribos # 3 @ $d/2 = 41/2 = 20.5 \text{ cm}$ en el centro del elemento y $d/4 = 41/4 = 10 \text{ cm}$, en los extremos por requisitos sísmicos.

El cálculo de las vigas 2,3 y 4 es similar a las de la viga 1, y los resultados de todas las vigas así como su armado, se presentan en el plano, detalles estructurales, en los anexos.

2.2.5.3 Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales utilizados primordialmente para soportar cargas de flexocompresión. Las columnas se diseñan con el método de aproximación para el perfil de falla (método de Bresler). Se debe encontrar la carga axial que actúa en columna y el momento actuante en el sentido X, y Y . La carga axial se calcula con base en un área tributaria, carga muerta y carga viva. Los momentos se toman de la envolvente de momentos para columnas, sentido X, y Y. Se toman los momentos y cortes mayores, para diseñar las columnas más críticas.

Requisitos del ACI para columnas

- % área de acero longitudinal de la columna
 $A_s \text{ min} = 0.01 A_g$;
 A_g = área gruesa de columna
 $A_s \text{ max} = 0.06 A_g$: (zonas sísmicas)
Según Reglamento ACI 318-2005 sección 21.4.1.
- La columna deberá tener como mínimo 4 varillas de acero longitudinal
- El lado más pequeño de una columna estructural será 30 cm.
- La sección mínima deberá ser de 30*30 cm; entonces, $A_{g \text{ min}} = 900 \text{ cm}^2$
- El refuerzo transversal (estribos) nunca podrá ser menor que # 3

Procedimiento a seguir para el diseño de columnas:

a) Carga axial

- Áreas tributarias: Utilizando las áreas tributarias calculadas se tiene, área tributaria = 18 m².
- Carga última = 1.4*CM + 1.7*CV

Nivel 1: CM = (0.11*2400 + 60 + 90)
 CM = 414 Kg/m²
 CV = 500 Kg/m²
 CU = 1.4(438) + 1.7(500)= 1430 kg/m²

Nivel 2: CM = (0.11*2400 +60) = 324 kg/m²
 CM = 324 Kg/m²
 CV = 100 Kg/m²
 CU = 1.4(324) + 1.7(100) = 624 Kg/m²

CT = CM + CV = 414Kg/m² + 500Kg/m² = 914 Kg/m² ⇒ Nivel 1

CT = 324 + 100 = 424 Kg/m² ⇒ nivel 2

FCU = CU/CT = 1430/914 = 1.56 ⇒ nivel 1

FCU = 624/424 = 1.47 nivel 2

- Carga axial

$$P_{c2} = A_t * C_{Univel\ 2} + A_v * L_v * W_c * FCU$$

$$P_c = P_{c2} + (A_c * h_c * W_c * FCU)_{Col2} + (A_v * L_v * W_c * FCU) + A_t * C_{Univel\ 1}$$

Donde: A_t = área tributaria de columna

A_c = área de columna

A_v = área de viga

FCU = factor de carga última

W_c = peso específico del concreto

h_c = altura de columna

L_v = longitud de viga

$$P_{c2} = 18 * 624 + 0.3 * 0.45 * 7.30 * 2400 * 1.47 = 14708.84 \text{ Kg}$$

$$P_c = 14708.84 + 0.3 * 0.3 * 2.98 * 2400 * 1.47 + 0.3 * 0.45 * 7.30 * 2400 * 1.56 + 18 * 1430 = \mathbf{45084.76 \text{ Kg}}$$

b) Chequeo de columnas: En el diseño de columnas es necesario hacer varios chequeos, y ver cómo funciona la columna, es decir;

⇒ Corta

⇒ Esbelta

⇒ Larga

Lo cual involucra la esbeltez de las columnas.

Clasificación de las columnas por su esbeltez

1) Columnas cortas: $E < 22$ no se magnifica

2) Columnas esbeltas: $22 < E < 100$ si se magnifica

3) Columnas largas: $E > 100$ no es aconsejable construirlas porque fallan por pandeo, según Reglamento ACI 318-2005 sección 10.13.2.

Fórmula: $E = (K * Lu) / r$

Donde: E = esbeltez

Lu = longitud entre apoyos = 4.00 m

K = factor de pandeo

r = radio de giro = 0.3 * lado menor

$$K = ((20 - \Psi_{\text{promedio}}) / 20) * (1 + \Psi_{\text{promedio}})^{1/2} \quad \text{para } \Psi_{\text{promedio}} < 2$$

$$K = 0.90 * (1 + \Psi_{\text{promedio}})^{1/2} \quad \text{para } \Psi_{\text{promedio}} \geq 2$$

El factor K se determina por medio de la fórmula de Jackson, basándose en la relación de rigidez (ψ), donde:

$$\Psi = \frac{\sum \text{rigideces de columnas que se unen en el nodo considerado}}{\sum \text{Rigideces de vigas que se unen en el nodo considerado}}$$

$$\text{Inercia de vigas} = (1/12) (30) (45)^3 = \mathbf{227812.5 \text{ cm}^4}$$

$$\text{Inercia de columnas} = (1/12) (30) (30)^3 = \mathbf{67,500 \text{ cm}^4}$$

$$\Psi_A = (67500/400)+(67500/250) / [(227812.5/378) + (227812.5/378)] = 0.36$$

$\Psi_B = 0$ en el punto B no existen vigas que lleguen al nudo.

$$\Psi_{\text{promedio}} = (0.36) / 2 = 0.18$$

Como $\Psi_{\text{promedio}} < 2$, entonces $K = ((20 - 0.18) / 20) * (1 + 0.18)^{1/2} = 1.08$

$$\text{Entonces } E = (1.08 * 4) / (0.30 * 0.30) = 47.84$$

Calculando la esbeltez de la columna en el sentido Y, se tiene:

$$\Psi_A = (67500/400)+(67500/250) / [(227812.5/585) + (227812.5/240)] = 0.33$$

$\Psi_B = 0$, en el punto B no existen vigas que lleguen al nudo.

$$\Psi_{\text{promedio}} = (0.33) / 2 = 0.165$$

Como $\Psi_{\text{promedio}} < 2$, entonces $K = ((20 - 0.165) / 20) * (1 + 0.165)^{1/2} = 1.07$

$$\text{Entonces } E = (1.07 * 4) / (0.3 * 0.30) = \mathbf{47.55}$$

De acuerdo con los valores de esbeltez obtenidos en el sentido X, Y, la columna se clasifica dentro de las intermedias, por lo que se deben magnificar los momentos actuantes.

a) Magnificador de momentos

Fórmulas: $M_d = \delta * M_a$

$$EI = \frac{\left(\frac{E_c * I_g}{2.5}\right)}{(1 + \beta * d)} \quad P_{cr} = \frac{\pi^2 E * I}{(K * L_u)^2} \quad \delta = \frac{1}{\left(1 - \frac{P_u}{\phi * P_{cr}}\right)} < 1$$

$$\beta_d = CMU / CU$$

Donde: P_u = carga de diseño última

P_{cr} = carga crítica de pandeo de Euler

β_d = factor de flujo plástico

E_c = módulo de elasticidad del concreto

I_g = momento de inercia de la sección total del concreto respecto al eje centroidal, sin tomar en consideración el esfuerzo

δ = factor de amplificación de momentos

El magnificador de momentos (δ) es un factor de seguridad por el cual deben multiplicarse los momentos últimos en columnas para evitar el pandeo.

$$\delta = 1 / (1 - [Pu / (\phi Pcr)]) \geq 1 \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi = 0.70 \text{ si se usan estribos} \\ \phi = 0.65 \text{ si se usan zunchos} \end{array} \right.$$

Cálculo del magnificador de momentos en el sentido X:

$$E_c = 15,100(210)^{1/2} = 218819.79 \text{ kg / cm}^2$$

$$\beta_d = (1.4(424)) / (1.4(424) + 1.7(500)) = 0.44$$

$$EI = [(218819.79 * 67,500) / 2.5] / (1 + 0.44) = 4.1 * 10^9 \text{ kg-cm}^2$$

$$Pcr = (\pi^2 * 4.1 * 10^9) / (1.08 * 400)^2 = 216980.2 \text{ kg}$$

$$\delta = 1 / (1 - [45084.76 / (0.70 * 216980.2)]) = 1.42$$

$$M_{dx} = \text{momento de diseño en X} = \delta * M_x = 1.42 * 5643.37 = \mathbf{8167.85 \text{ kg - m}}$$

Cálculo del magnificador de momentos en el sentido Y:

$$\beta_d = 0.44$$

$$EI = [(218819.79 * 67,500) / 2.5] / (1 + 0.44) = 4.1 * 10^9 \text{ kg-cm}^2$$

$$Pcr = (\pi^2 * 4.1 * 10^9) / (1.07 * 400)^2 = 220900.17 \text{ Kg}$$

$$\delta = 1 / (1 - [45084.76 / (0.70 * 220900.17)]) = 1.41$$

$$M_{dy} = \text{momento de diseño en Y} = \delta * M_y = 1.41 * 5573.72 = \mathbf{7867.65 \text{ Kg - m}}$$

d) Diseño de columna tipo A, nivel 1

Datos: Sección = 0.30 * 0.30 m;
Mx = momento crítico en el sentido X = **5743.37 kg-m**
My = momento crítico en el sentido Y = **5,573.72 kg-m**
Longitud efectiva (Lu) = 4 m
Pu = 45084.76 kg

e) Refuerzo longitudinal

Cuando en una estructura existen carga axial y flexión biaxial, hay varios métodos para calcular el acero longitudinal en columnas. En este caso se utilizará el método de carga inversa desarrollado por Bresler, que es un método de aproximación del perfil de la superficie de falla. La idea fundamental es aproximar el valor $1/P'u$ (de la superficie de falla). Este valor se aproxima por un punto del plano determinado por los tres valores siguientes: a) la carga axial pura ($P'o$); b) la carga de falla para una excentricidad e_x , ($P'xo$); c) la carga de falla para una excentricidad e_y , ($P'oy$). Cada punto en la superficie de falla es aproximado por un plano distinto, es decir, para aproximar toda la superficie, se necesita un conjunto infinito de planos. Es uno de los métodos más utilizados, porque es sencillo y produce resultados satisfactorios, comprobados con ensayos de laboratorio.

La ecuación de carga inversa se define como:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'xo} + \frac{1}{P'oy} - \frac{1}{P'o}$$

Donde:

$P'u$ = valor aproximado de la carga última en flexión que resiste la columna a una excentricidad "e".

$P'_{xo} = K'_x * f'c * \text{sección del elemento} = \text{carga última que resiste la columna cuando se encuentra presente la excentricidad "e}_y", (e_x = 0).$

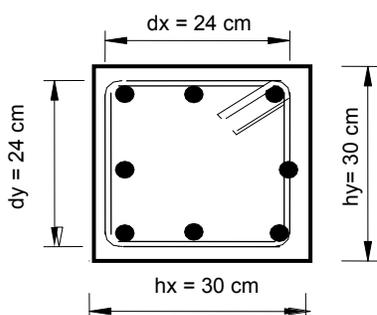
$P'_{oy} = K'_y * f'c * \text{sección del elemento} = \text{carga última que resiste la columna cuando se encuentra presente la excentricidad "e}_x", (e_y = 0).$

$P'_o = 0.70 [(0.85 * f'c * (\text{área gruesa} - \text{área de acero}) + \text{área de acero} * f_y)] = \text{carga última axial que resiste la columna o la carga concéntrica que resiste la misma, } (e_x = 0, e_y = 0).$

K_x y **K_y** son coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para diseño de columnas.

Si $P'_u > P_u$, entonces el armado propuesto es correcto; de lo contrario, se aumenta el área de acero.

Figura 28. Sección de columna tipo A



Datos:

$$P_u = 45084.76 \text{ kg}$$

$$M_{dx} = 8167.85 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 7867.65 \text{ kg-m}$$

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

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

Recubrimiento: 3 cm

$$A_{s \text{ mínimo}} = 0.01 * (30 * 30) = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ máximo}} = 0.06(30 * 30) = 54 \text{ cm}^2$$

En este caso se proponen 8 varillas No. 4 = 10.20 cm².

Para el diseño de columnas, el método de Bresler se utiliza los diagramas de interacción. Los valores a utilizar en los diagramas son:

a) Valor de la gráfica: $\hat{Y}_x = dx / hx = 24 / 30 = 0.8$
 $\hat{Y}_y = dy / hy = 24 / 30 = 0.8$

b) Valor de la curva: $\rho_\mu = (As * fy) / (Ag * 0.85 * f'c)$
 $\rho_\mu = (10.20 * 2810) / (30 * 30 * 0.85 * 210) = 0.20$

c) Excentricidades: $e_x = Mdx / Pu = 8167.85 / 45084.76 = 0.18$
 $e_y = Mdy / Pu = 7867.65 / 45084.76 = 0.17$

d) Valor de las diagonales: $e_x / hx = 0.18 / 0.30 = 0.60$
 $e_y / hy = 0.17 / 0.30 = 0.57$

Con los datos obtenidos en los incisos a), b) y d), se buscan los valores en el diagrama de interacción, encontrando que: $K_x = 0.34$ y $K_y = 0.45$

Cálculo de cargas:

$P'_x = 0.34 * 210 * 30 * 30 = 64,260 \text{ kg}$ $P'_y = 0.45 * 210 * 30 * 30 = 85,050 \text{ kg}$

$P'_o = 0.7 [(0.85 * 210 * (30 * 30 - 10.20)) + (10.20 * 2810)] = 131243.91 \text{ kg}$

Cálculo de $P'u$:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{64,260} + \frac{1}{85,050} - \frac{1}{131243.91} ; \quad P'u = 50760.98 \text{ Kg}$$

Como $P'u > Pu$, el área de acero que se propuso sí soporta los esfuerzos a los que está sometido el elemento. En caso contrario, se debe aumentar el área de acero.

b) Refuerzo transversal:

▪ **Refuerzo por corte**

$$\text{Corte resistente } V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$= 0.85 * 0.53 * (210)^{1/2} * 30 * 27 = \mathbf{5,287.98 \text{ kg}}$$

De la figura de cortantes en columnas, se tiene $V_A = 2773.24 \text{ kg}$

comparando V_R y V_A

Si $V_R \geq V_A$ se colocan estribos a $S_o = d/2$

Si $V_R < V_A$ se diseñarán los estribos por corte

Considerando por requisito que la varilla mínima permitida es la #3

Como $V_R > V_A$ se colocan estribos a, $S_o = d/2 = 27/2 = \mathbf{13.5 \text{ cm}}$

El espaciamiento máximo de los amarres no debe ser mayor de S_o en una longitud l_o , medida desde la cara de la junta.

• **Refuerzo por confinamiento S_o :**

El espaciamiento S_o no debe ser mayor que el menor de:

- a) Ocho veces el diámetro de la varilla longitudinal confinada más pequeña; varilla más pequeña #4 $S_o = 8 * 1.27 = 10.20 \text{ cm}$
- b) 24 veces el diámetro de la varilla de amarre; varilla de amarre #3 $S_o = 24 * 0.953 = 22.87 \text{ cm}$
- c) Mitad de la menor dimensión de la sección transversal del elemento de marco; menor sección transversal, 30 cm. $S_o = 30/2 = 15 \text{ cm}$
- d) Lado menor de la sección 30 cm

Cálculo de espaciamiento entre estribo zona confinada:

Fórmulas: $S_o = 2A_v/\rho_s \cdot L_n$

$$\rho_s = 0.45(A_g/A_c - 1)(0.85 \cdot f'_c/f_y)$$

Donde: A_v = área transversal que se utiliza como estribo

L_n = longitud no soportada del estribo.

S_o = espaciamiento entre estribos zona confinada.

ρ_s = relación volumétrica de la columna.

A_g : área gruesa

A_c : área chica

Calculando S_o para la columna se tiene:

$$\rho_s = 0.45(30 \cdot 30/24 \cdot 24 - 1)(210/2810) \cdot 0.85 = \mathbf{0.014}$$

Suponiendo un estribo #3 $A_v = 0.71 \text{ cm}^2$ se tiene:

$$S_o = (2 \cdot 0.71)/(0.014 \cdot 24) = \mathbf{4.22 \text{ cm}}$$

Entonces, colocar estribo #3 @ 0.04 m en la longitud de confinamiento.

El primer amarre debe estar situado a una distancia no mayor de $S_o/2 = 10.20/2 = \mathbf{5.10 \text{ cm}}$ a partir de la cara de la junta, según Reglamento ACI 318-2005, sección 21.10.5.2.

El espaciamiento no debe exceder el doble del espaciamiento S_o ; $S_o \cdot 2 = \mathbf{20 \text{ cm}}$, según Reglamento ACI 318-2005 sección 21.10.5.4.

- **Longitud de confinamiento ℓ_o :**

La longitud ℓ_o no debe ser menor de lo que sea mayor de:

a) Sexta parte del claro libre (L_u) del elemento;

Claro libre del elemento $L_u = 4$ cm. Entonces $\ell_o = 4/6 = 66$ cm

b) Mayor dimensión de la sección transversal del elemento, $\ell_o = 30$ cm

c) de 50 cm, según Reglamento ACI 318-2005 sección 21.10.5.1.

2.2.5.4 Diseño de cimientos

a) Datos: Los antecedentes a tomar para el diseño de las zapatas son las fuerzas y los momentos del análisis estructural, y los datos del valor soporte del suelo, ya anotados. Los datos a utilizar para el diseño de zapata tipo 1 son:

$$P_u = 45948.76 \text{ kg}$$

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

$$M_{ux} = 5743.37 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{uy} = 5573.72 \text{ kg-m}$$

$$F.C.U = 1.56$$

$$V_s = 40000 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sección de columna } 0.30 \times 0.30 \text{ m}$$

$$W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{\text{seca}} = 1.1000 \text{ kg/m}^3$$

b) Área de zapata: Las zapatas deben dimensionarse para soportar las cargas de servicio y las reacciones inducidas. Para lograrlo, los cálculos a desarrollar son:

- Cálculo de cargas de trabajo:

$$P' = P_u / F_{cu} = 45948.76 / 1.56 = \mathbf{29454.33 \text{ kg}}$$

$$M_{tx} = M_{ux} / F_{cu} = 5743.37 / 1.56 = \mathbf{3681.64 \text{ kg-m/m}}$$

$$M_{ty} = M_{uy} / F_{cu} = 5573.72 / 1.56 = \mathbf{3572.90 \text{ kg-m/m}}$$

- **Predimensionamiento del área de la zapata:**

$$Az = 1.5 \cdot P' / Vs = 1.5 \cdot 29454.33 / 40,000 = 1.10 \text{ m}^2$$

Iterando dimensiones, se propone usar un $Az = 1.40 \cdot 1.40 \text{ m}^2$

- **Chequeo de presión sobre el suelo:** Una vez determinada el área de zapata, se debe calcular la carga admisible (q_{\max}), la cual debe ser menor que el valor soporte (Vs), si se supone que las presiones resultantes están linealmente distribuidas, siempre que la excentricidad $e = M/p$ no supere la distancia K del núcleo de la zapata, es decir, ($e < K = L/6$), cuyo valor se define por la fórmula de la flexión normal:

$$q_{\max} = \frac{P}{Az} \pm \frac{Mtx}{Sx} \pm \frac{Mty}{Sy} \quad ; \quad S = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

Lo que permite la determinación de las presiones en los bordes extremos.

La superficie necesaria de la zapata se halla teniendo en cuenta que $q_{\max} < Vs$ y $q_{\min} > 0$. Si la excentricidad es superior al núcleo ($e \geq L/6$), la ecuación de q_{\min} da como resultado un valor menor a cero ($q_{\min} < 0$), creando presiones de tensión en la zapata por lo que, no es recomendable, ya que la zapata es diseñada para resistir esfuerzos de presión.

$$Sx = Sy = (1/6)1.4 \cdot (1.4)^2 = 0.46$$

$$P = P' + Ps + Pcol + Pcim$$

$$P = 29454.33 + (1.96 \cdot 1.1 \cdot 1100) + (0.30 \cdot 0.30 \cdot 4 \cdot 2,400) + (1.96 \cdot 0.35 \cdot 2,400)$$

$$= \mathbf{34336.33 \text{ Kg.}}$$

$$q_{\max/\min} = 34336.33 / 1.96 \pm 3681.64 / 0.46 \pm 3572.90 / 0.46 = 33289.27 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_{\max} = \mathbf{33289.27 \text{ Kg/m}^2} \quad \text{Cumple, no excede el } Vs$$

$$q_{\min} = \mathbf{1747.8 \text{ Kg/m}^2} \quad \text{Cumple, solo compresiones en el suelo}$$

b) **Presión última** : tomando en cuenta que la presión debajo de la zapatas en un punto, es distinta de la localizada en cualquier otro, por motivos de diseño se trabaja con una presión constante debajo de la zapata, la cual debe ser un valor que se encuentre entre q_{medio} y $q_{\text{máxima}}$. Entonces se utiliza $q_{\text{diseño}}$ último ($q_{\text{diseño}} U$).

$$q_{\text{diseño}} U = q_{\text{máxima}} F_{cu} = 33289.27 * 1.56 = 51931.26 \text{ kg/m}^2$$

d) **Espesor de zapata**: Para determinar el espesor de la zapata es necesario que resista tanto el corte simple o corte flexionante como el punzonamiento causado por la columna y las cargas actuantes. Considerando lo anterior, se acepta $t = 0.35 \text{ m}$, con un recubrimiento de 0.075 m .

Chequeo por corte simple: La falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna. Por tal razón, se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante. Esto se hace chequeando de la siguiente forma.

$$d = t - \text{recubrimiento} - \varnothing/2 = 35 - 7.5 - 1.59/2 = 26.71 \text{ cm}$$

Asumiendo un \varnothing de varilla No.5 (1.59cm.)

$$V_A = \text{Área} * q_{\text{diseño}} U = 0.2829 * 1.40 * 51931.26 = 20519.98 \text{ Kg}$$

$$V_R = 0.85 * 0.53 * f_c^{1/2} * b * d = 0.85 * 0.53 * 210^{1/2} * 140 * 26.71 = 24407.60 \text{ Kg}$$

Entonces $V_A < V_R$ sí chequea

Chequeo por corte punzonante: La columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en ella alrededor del perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna. Chequeando punzonamiento:

d = 26.71 cm

$$V_A = \text{Área} \cdot q_{\text{diseño}} U = (1.40 \cdot 1.40 - 0.57 \cdot 0.57) \cdot 51931.26 = 84873.82 \text{ Kg}$$

$$V_R = 0.85 \cdot 1.06 \cdot f_c^{1/2} \cdot b_o \cdot d = 0.85 \cdot 1.06 \cdot 210^{1/2} \cdot 236 \cdot 28.71 = 79087.59 \text{ Kg}$$

$V_A > V_R$ no chequea, por lo tanto se vuelve a iterar con $t = 0.37 \text{ m}$

d = 28.71 cm

$$V_A = \text{Área} \cdot q_{\text{diseño}} U = (1.40 \cdot 1.40 - 0.59 \cdot 0.5) \cdot 51931.26 = 83799.10 \text{ Kg}$$

$$V_R = 0.85 \cdot 1.06 \cdot f_c^{1/2} \cdot b_o \cdot d = 0.85 \cdot 1.06 \cdot 210^{1/2} \cdot 236 \cdot 28.71 = 88088.99 \text{ Kg}$$

$V_A < V_R$ Chequea, por lo tanto se usa $t = 0.37 \text{ m}$

Diseño de refuerzo por flexión: El empuje hacia arriba del suelo produce un momento flector en la zapata. Por tal razón, es necesario reforzarla con acero para resistir los esfuerzos inducidos. Se calcula de la siguiente manera:

- Sentido X

Momento último: Se define como una losa en voladizo y su $M_u = q_u \cdot L^2 / 2$

$$M_u = (51876.03 \cdot 0.55^2) / 2 = 7486.25 \text{ Kg-m/m}$$

- **Área de acero:** El área de acero se define por la fórmula:

$$A_s = \left[b \cdot d - \left((b \cdot d)^2 - \left(\frac{M \cdot B}{0.003825 \cdot f_c} \right) \right)^{1/2} \right] \cdot \left(\frac{0.85 \cdot f_c}{F_y} \right) = 10.53 \text{ cm}^2$$

Donde: $b = 140 \text{ cm}$ $d = 28.71 \text{ cm}$

$$A_{s \text{ min}} = 14.1 / f_y (b \cdot d) = 20.16 \text{ cm}^2$$

Como $A_{s \text{ mínimo}} > A_{s \text{ requerida}}$, entonces utilizar $A_{s \text{ min}}$.

Espaciamiento entre varillas: Se define por la fórmula $S = A_v/A_s$, utilizando un $A_v = 1.98 \text{ cm}^2$ (No. 5), entonces $S = 1.98/20.16 = 0.10 \text{ m}$. Colocar varillas No. 5 @ 0.10m. en ambos sentidos.

Los resultados obtenidos se presentan en los planos estructurales en anexos.

2.2.6 Planos constructivos

Después de realizar los procedimientos descritos en las secciones anteriores, es necesario plasmar los resultados en planos. Estos son las representaciones gráficas que detallan y especifican todas las partes y los trabajos a realizar en el proyecto, y que sirven para presupuestar, contratar y construir los diferentes trabajos del mismo.

Los planos para el edificio de nivel básico comprenden: planta amueblada, planta de acabados, planta de cimientos y distribución de columnas, planta de instalaciones, planta de losas, fachadas, cortes y detalles. Se puede observar el juego de planos en los anexos.

2.2.6.1 Diseño de Instalaciones

2.2.6.1.1 Instalaciones hidráulicas y sanitarias

Para realizar un buen presupuesto de instalaciones hidráulicas, se deben conocer todos los materiales que son utilizados en una instalación de este tipo, es decir, donde se usan, para que se usan, instalación y funcionamiento.

Lo importante es presentar la instalación general de agua con los detalles necesarios para apreciar el recorrido de la misma desde el punto de toma, hasta los depósitos y artefactos sanitarios. Para las instalaciones sanitarias se necesita detallar el recorrido total desde las cajas de accesorios recolectores de aguas negras y pluviales hasta su disposición final, además de indicar el tipo de caja a ser utilizada en cada caso.

2.2.6.1.2 Instalaciones Eléctricas

Estas instalaciones están divididas en dos secciones y son la instalación de fuerza e instalación de iluminación. Se necesita detallar la distribución del sistema eléctrico, desde la acometida, contador eléctrico, tablero de distribución y las unidades de lámparas, tomacorrientes e interruptores.

2.2.7 Costos y presupuesto

El presupuesto es un documento que permite establecer prioridades y evaluar las consecuencias de los objetivos. Debe incluirse en la planificación de cualquier proyecto de ingeniería, ya que da a conocer la factibilidad del mismo.

En la siguiente página se muestra el presupuesto integrado del costo total del proyecto.

Presupuesto General de construcción de instituto básico en caserío El Plan

Núm.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO RENGLÓN
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	DEMOLICIÓN	m ²	128	Q 34.01	Q 4,353.02
1.2	ACARREO	Global	1	Q 2,620.80	Q 2,620.80
2	CIMENTACIÓN				
2.1	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE CIMENTACIÓN	ml	114	Q 30.88	Q 3,520.32
2.2	ZAPATA Z - 1	m ²	46	Q 723.22	Q 33,267.94
2.3	SOLERA DE HIDRÓFUGA	ml	102	Q 134.26	Q 13,694.52
3	MUROS				
3.1	LEVANTADO DE BLOCK 15 x 20 x 40 cm	m ²	266	Q 202.15	Q 53,771.90
3.2	LEVANTADO DE BLOCK 10 x 20 x 40 cm	m ²	15	Q 160.30	Q 2,404.55
3.3	COLUMNA TIPO 1 DE 30*30 cm	ml	137	Q 341.33	Q 46,761.94
3.4	COLUMNA TIPO 2 DE 15*15 cm	ml	110	Q 115.06	Q 12,656.93
3.5	COLUMNA TIPO 3 DE 10*15 cm	ml	22	Q 93.22	Q 2,050.91
3.6	COLUMNA TIPO 4 DE 10*10 cm	ml	14	Q 76.53	Q 1,071.43
3.7	SOLERA INTERMEDIA	ml	130	Q 124.80	Q 16,224.00
3.8	SOLERA FINAL	ml	14	Q 142.27	Q 1,991.78
3.9	VIGA 1	ml	126	Q 390.09	Q 49,150.81
3.10	VIGA 2	ml	46	Q 265.61	Q 12,218.10
3.11	VIGA 3	ml	46	Q 265.61	Q 12,218.10
3.12	VIGA 4	ml	32	Q 265.61	Q 8,499.55
4	TECHOS				
4.1	LOSA NIVEL 1	m ²	182	Q 591.97	Q 107,738.18
4.2	LOSA NIVEL 2	m ²	182	Q 524.50	Q 95,458.64
5	INSTALACIONES				
5.1	INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA	Global	1	Q 7,322.90	Q 7,322.90
5.2	INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA	Global	1	Q 10,752.30	Q 10,752.30
5.3	INSTALACIÓN HIDRÁULICA	Global	1	Q 1,661.40	Q 1,661.40
5.4	INSTALACIÓN DE AGUAS NEGRAS	Global	1	Q 6,684.60	Q 6,684.60
6	PISOS				
6.1	PISO CERAMICO (INTERIOR)	m ²	364	Q 153.66	Q 55,932.24
7	HERRERIA Y OTROS				
7.1	PUERTAS Y VENTANAS	Global	1	Q 71,729.94	Q 71,729.94
7.2	REPELLO + CERNIDO + PINTURA	m ²	562	Q 75.66	Q 42,520.92
7.3	GRADAS	Global	1	Q 10,000.00	Q 10,000.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 686,278.00

**CRONOGRAMA FISICO Y FINANCIERO
CONSTRUCCION DE INSTITUTO BÁSICO DEL CASERIO EL PLAN MUNICIPIO DE IXCHIGUAN SAN MARCOS**

Núm.	DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	COSTO REGLÓN	%
1	TRABAJOS PRELIMINARES								
1.1	DEMOLICIÓN	■						Q 4,353.02	0.63
1.2	ACARREO	■						Q 2,620.80	0.38
2	CIMENTACIÓN								
2.1	EXCAVACIÓN Y RELLENO DE CIMENTACIÓN	■	■					Q 3,520.32	0.51
2.2	ZAPATA Z - 1 Y CENTRADO DE COLUMNAS	■	■	■				Q 33,267.94	4.85
2.3	SOLERA DE HIDRÓFUGA	■	■	■				Q 13,694.52	2.00
3	MUROS								
3.1	LEVANTADO DE BLOCK 15 x 20 x 40 cm		■	■	■	■		Q 53,771.90	7.84
3.2	LEVANTADO DE BLOCK 10 x 20 x 40 cm		■	■	■	■		Q 2,404.55	0.35
3.3	COLUMNA TIPO 1 DE 30*30 cm			■	■	■		Q 46,761.94	6.81
3.4	COLUMNA TIPO 2 DE 15*15 cm			■	■	■		Q 12,656.93	1.84
3.5	COLUMNA TIPO 3 DE 10*15 cm			■	■	■		Q 2,050.91	0.30
3.6	COLUMNA TIPO 4 DE 10*10 cm			■	■	■		Q 1,071.43	0.16
3.7	SOLERA INTERMEDIA			■	■	■		Q 16,224.00	2.36
3.8	SOLERA FINAL				■	■		Q 1,991.78	0.29
3.9	VIGA 1				■	■		Q 49,150.81	7.16
3.10	VIGA 2				■	■		Q 12,218.10	1.78
3.11	VIGA 3				■	■		Q 12,218.10	1.78
3.12	VIGA 4				■	■		Q 8,499.55	1.24
4	TECHOS								
4.1	LOSA NIVEL 1				■	■		Q 107,738.18	15.70
4.2	LOSA NIVEL 2						■	Q 95,458.64	13.91
5	INSTALACIONES								
5.1	INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA						■	Q 7,322.90	1.07
5.2	INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN						■	Q 10,752.30	1.57
5.3	INSTALACIÓN HIDRÁULICA						■	Q 1,661.40	0.24
5.4	INSTALACIÓN DE AGUAS NEGRAS						■	Q 6,684.60	0.97
6	PISOS								
6.1	PISO CERAMICO (INTERIOR)						■	Q 55,932.24	8.15
7	HERRERIA Y OTROS								
7.1	PUERTAS Y VENTANAS					■	■	Q 71,729.94	10.45
7.2	REPELLO + CERNIDO + PINTURA					■	■	Q 42,520.92	6.20
7.3	GRADAS					■	■	Q 10,000.00	1.46
COSTO TOTAL DEL PROYECTO								Q 686,278.00	100.00

INVERSION MENSUAL EN Q	68627.80	86745.54	102941.70	137255.60	153451.76	137255.60
INVERSION MESUAL ACUMULADA EN Q	68627.80	155373.34	258315.04	395570.64	549022.40	686278.00
INVERSION MENSUAL EN %	10	12.64	15	20	22.36	20
INVERSION MENSUAL ACUMULADA EN %	10	22.64	37.64	57.64	80	100

CONCLUSIONES

1. Los métodos empleados en Guatemala para el diseño y selección del tipo de pavimento, son adoptados de otros países y por lo tanto, concebidos para las condiciones y requerimientos propios del lugar de origen. Al hacer uso de ellos, el ingeniero deberá tener en cuenta que las condiciones no son, necesariamente, iguales en Guatemala y que el empleo de dichos métodos estará condicionado a la clase de información local con que se cuente.
2. El conocimiento de las principales características físicas de los suelos es de fundamental importancia, para que mediante su adecuada interpretación se pueda predecir el futuro comportamiento de un terreno bajo cargas.
3. Con la pavimentación, la calle de acceso principal de aldea Tuichán, podrán ser transitables en cualquier época del año y así los pobladores tendrán una mejor calidad de vida, mejorando el comercio, el nivel de ingresos salariales y la oferta de trabajo en dicho lugar.
4. La realización del diseño del edificio del instituto básico para el caserío El Plan, contribuye a prestar mejora a las condiciones educativas de las que actualmente está pasando el municipio debido a que en los lugares donde se imparte educación básica no se cuenta con las propias instalaciones.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Ixchiguán San Marcos:

1. El factor económico será el factor de mayor influencia, para decidir la construcción de cualquier proyecto de infraestructura. Se recomienda a la municipalidad, que para obtener datos valederos en la decisión, se haga un análisis económico que incluya no solamente el valor de la construcción inmediata, sino además los costos de mantenimiento, ya que éstos sino son tomados en cuenta, pueden dar la pauta para determinar que un proyecto, puede dar un costo menor respecto a otro.
2. Dar un adecuado y contínuo mantenimiento a todo sistema que lo requiera, para evitar mayores daños y garantizar un buen funcionamiento durante el período tomado para el diseño.
3. Contratar la supervisión técnica profesional, para el cumplimiento de las descripciones técnicas del los estudios.
4. Prever a la población del sector central, el cierre temporal de las calles a pavimentar en el proceso de ejecución del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de Suelos y Cimentaciones 4ª Ed. México: Editorial Limusa, 1999.
2. Dirección general de Caminos. Especificaciones Generales Para la Construcción de Carreteras y Puentes. Guatemala: Litografía Guatemalteca, septiembre 2001.
3. Unidad Ejecutora de Conservación Vial –COVIAL-. Especificaciones Especiales, Edición 2004. Guatemala, 2004.
4. Juárez Badillo, Rico Rodríguez. Mecánica de Suelo 4ª Ed. Tomo 1: Editorial Limusa, 2004.
5. Normas de Diseño del Código ACI 318-2005.
6. Arthur Nilson. Diseño de Estructuras de Concreto, Duodécima Edición, Editorial Mc Graw Hill.
7. Ernest Neufert. Arte de Proyectar en Arquitectura. 4ª. Edición, G. Gili, SA de CV – México.
8. Normas Estructurales de Diseño recomendadas para la República de Guatemala. AGIES NR-1:2000.

ANEXOS

1. PLANOS Y DETALLES DEL PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN ALDEA TUICHÁN.

2. PLANOS DE DISEÑO DE INSTITUTO BÁSICO EN CASERÍO EL PLAN.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

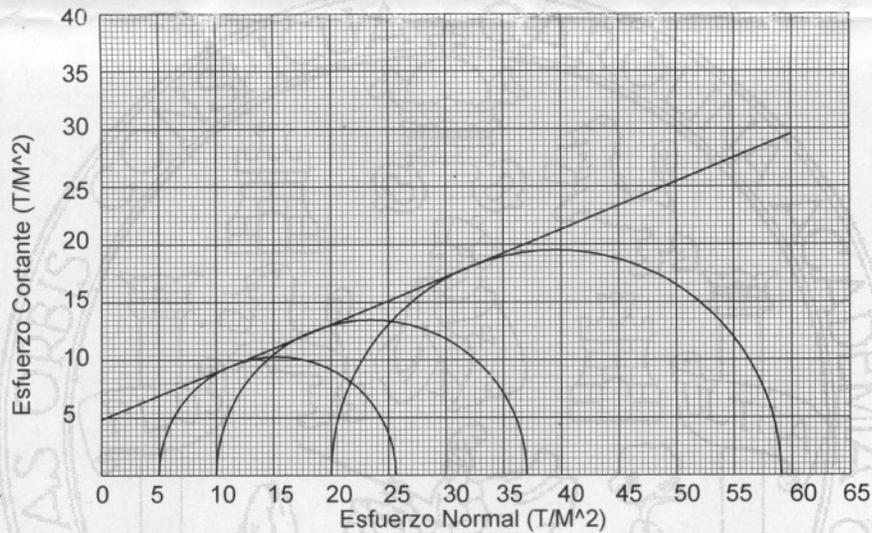


ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0225 S.S. O.T.No.: 21,698

INTERESADO: Jorge Henry Orozco Soc
PROYECTO: Trabajo de Graduación -EPS-
UBICACIÓN: Ixchiguán, San Marcos
pozo: 1 Profundidad: 1,5

Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 22,36^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 4,85 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
DESCRIPCION DEL SUELO: Limo orgánico con presencia de partículas de grava color café oscuro.
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)	20,63	28,08	39,07
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	4,0	6,0	8,0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1,07	1,07	1,07
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1,60	1,60	1,60
HUMEDAD (%H)	48,9	48,9	48,9

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CII/USAC

Atentamente,

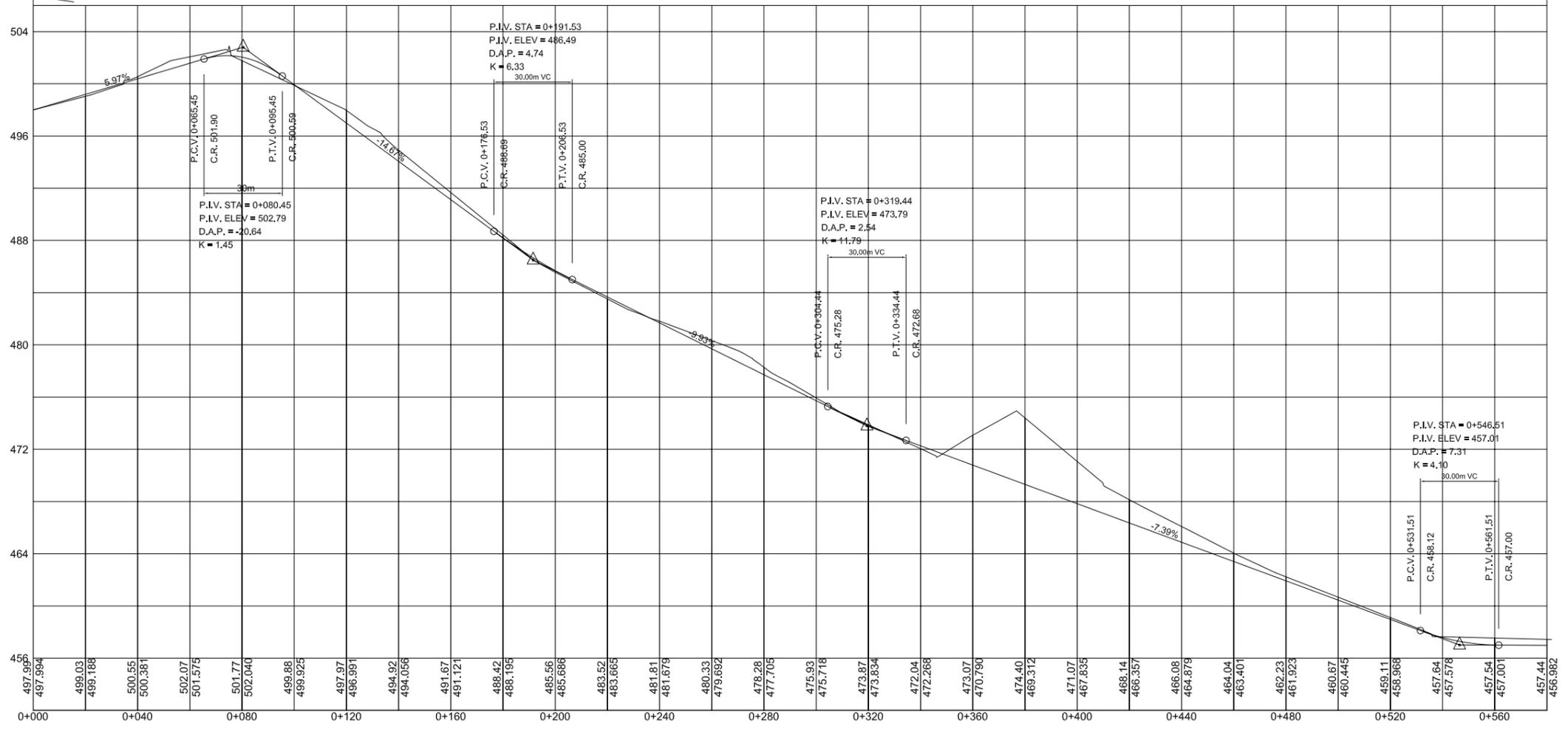
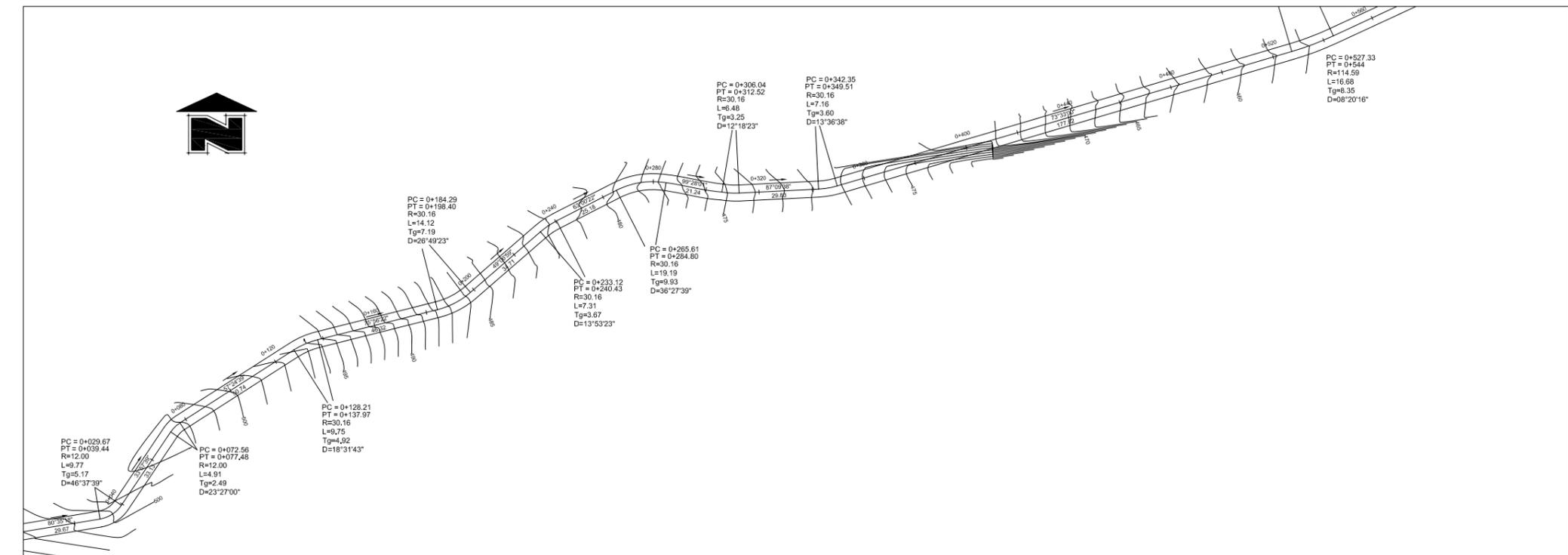
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



EST	PO	AZIMUT			DH	COTA	
		G	M	S			
E-1	0.1	255	2	40	35.84	500.00	
E-1	0.2	265	2	0	33.85	497.65	
E-1	0.3	265	2	0	33.85	498.18	
E-1	0.4	260	35	20	34.84	497.99	
E-1	1.1	327	59	40	1.99	499.93	
E-1	1.2	151	13	40	1.99	500.07	
E-1	2.1	30	24	0	39.84	502.77	
E-1	2.2	37	14	40	40.87	502.37	
E-2	3.2	57	40	40	40.79	503.00	
E-2	3.1	54	51	40	59.20	495.98	
E-2	3.2	59	43	40	57.38	497.06	
E-2	3.3	57	24	40	58.15	496.05	
E-2	4.1	73	32	40	58.38	486.39	
E-2	4.2	78	26	40	58.56	486.59	
E-2	4.3	75	56	20	58.43	486.56	
E-2	4.4	51	46	21	20	45.51	482.07
E-2	4.5	53	6	20	45.51	481.79	
E-2	4.6	49	7	0	45.58	482.05	
E-2	4.7	58	52	40	39.79	473.30	
E-2	4.8	67	10	40	38.69	478.90	
E-2	4.9	63	0	20	38.78	478.18	
E-2	5.1	93	37	20	34.42	474.69	
E-2	5.2	103	43	40	34.43	474.85	
E-2	5.3	99	28	0	34.43	474.85	
E-2	5.4	81	84	6	40	36.68	471.41
E-2	5.5	90	55	20	37.67	471.33	
E-2	5.6	87	9	40	36.68	471.50	
E-2	5.7	71	26	40	64.91	469.14	
E-2	5.8	75	48	40	63.91	469.23	
E-2	5.9	73	32	0	63.91	468.41	
E-2	6.1	101	70	40	66.25	462.39	
E-2	6.2	75	19	0	66.25	462.35	
E-2	6.3	73	12	40	66.25	462.57	
E-2	6.4	11.2	71	33	0	59.61	457.66
E-2	6.5	11.2	76	28	0	60.60	457.68
E-2	6.6	73	56	40	59.61	457.89	
E-2	6.7	12.1	61	53	0	97.99	456.92
E-2	6.8	12.2	64	58	40	95.99	457.05
E-2	6.9	63	26	0	93.99	457.17	
E-2	7.1	65	52	20	46.99	457.98	
E-2	7.2	71	57	40	46.99	457.83	
E-2	7.3	68	46	20	46.99	458.07	
E-2	7.4	14.1	68	32	20	58.75	454.13
E-2	7.5	14.2	73	28	40	59.74	454.23
E-2	7.6	14	71	0	40	59.74	454.14
E-2	7.7	15.1	65	7	20	41.06	448.07
E-2	7.8	15.2	71	28	40	37.06	448.24
E-2	7.9	15	68	24	0	39.11	448.11
E-2	8.1	16.1	114	18	20	56.72	439.66
E-2	8.2	119	16	0	58.66	439.36	
E-2	8.3	116	41	40	58.68	438.45	
E-2	8.4	17.1	88	47	20	46.76	431.68
E-2	8.5	17.2	96	5	40	47.73	431.80
E-2	8.6	17	91	52	40	46.76	432.03
E-2	8.7	18.1	62	40	0	55.54	427.00
E-2	8.8	18.2	68	16	0	55.54	427.03
E-2	8.9	18	65	48	20	54.55	427.20
E-2	8.10	19.1	60	29	0	31.41	422.94
E-2	8.11	19.2	71	10	20	29.34	422.98
E-2	8.12	19	65	50	40	32.27	422.18
E-2	8.13	20.1	81	40	40	33.20	417.68
E-2	8.14	20.1	90	8	40	35.15	417.33
E-2	8.15	20	86	8	40	34.18	417.64
E-2	8.16	21.1	48	0	91	36.98	418.28
E-2	8.17	21.2	57	11	40	37.99	418.24
E-2	8.18	21	52	17	20	37.50	418.39

EST	PO	AZIMUT			DH	COTA
		G	M	S		
E-21	22.1	63	12	40	45.00	418.04
E-21	22.2	55	45	20	44.00	418.14
E-21	22.3	59	20	0	44.00	418.27
E-22	23.1	51	23	0	85.92	420.76
E-22	23.2	46	36	40	67.92	420.73
E-22	23.3	49	3	20	66.92	420.89
E-23	24.1	60	67	0	65.37	414.62
E-23	24.2	56	27	20	65.42	414.76
E-23	24.3	58	46	0	65.42	414.83
E-24	25.1	59	17	20	51.36	409.04
E-24	25.2	52	54	40	53.37	409.04
E-24	25.3	56	13	20	52.38	409.30
E-25	26.1	75	59	20	83.02	400.76
E-25	26.2	72	37	0	83.10	400.81
E-25	26.3	74	25	40	83.10	401.01
E-26	27.1	75	22	20	49.70	397.19
E-26	27.2	68	39	20	48.65	397.01
E-26	27.3	72	0	40	49.59	397.18
E-27	28.1	56	49	0	72.52	387.18
E-27	28.2	52	7	20	69.58	387.47
E-27	28.3	54	46	20	67.63	388.04
E-28	29.1	42	40	40	17.14	384.78
E-28	29.2	27	26	20	21.42	384.77
E-28	29.3	35	3	20	19.36	384.89
E-29	30.1	120	30	0	12.32	382.00
E-29	30.2	102	48	20	15.37	381.77
E-29	30.3	111	0	20	13.38	382.09
E-30	31.1	144	27	0	44.32	373.75
E-30	31.2	137	45	20	41.40	373.94
E-30	31.3	141	16	40	43.32	373.86
E-31	32.2	118	24	20	51.79	370.81
E-31	32.3	113	0	40	50.76	370.83
E-31	32.4	115	50	20	51.75	370.67
E-32	33.1	60	57	40	15.98	370.32
E-32	33.2	53	34	40	10.99	370.37
E-32	33.3	58	19	40	13.99	370.65
E-33	34.1	343	35	0	74.90	368.32
E-33	34.2	339	27	0	75.90	368.34
E-33	34.3	341	26	20	73.95	368.62
E-34	35.1	341	32	20	89.46	361.85
E-34	35.2	338	46	20	92.52	361.99
E-34	35.3	339	53	40	90.49	361.95
E-35	36.1	21	7	0	86.83	365.78
E-35	36.2	17	25	40	84.87	365.52
E-35	36.3	19	18	0	85.82	365.62
E-36	37.1	19	48	20	41.67	361.94
E-36	37.2	12	4	0	42.69	361.92
E-36	37.3	15	53	40	41.74	362.18
E-37	38.1	62	27	20	29.40	358.13
E-37	38.2	52	24	0	31.52	358.24
E-37	38.3	57	28	20	30.48	358.20
E-38	39.1	91	56	20	57.06	350.48
E-38	39.2	86	57	20	53.93	350.68
E-38	39.3	89	42	0	56.86	350.57
E-39	40.1	40	19	0	46.94	348.87
E-39	40.2	34	24	0	47.94	349.05
E-39	40.3	34	28	20	47.95	348.11
E-40	41.1	65	49	0	31.64	345.72
E-40	41.2	56	19	0	32.71	346.06
E-40	41.3	60	49	20	31.68	346.11

EST	PO	AZIMUT			DH	COTA
		G	M	S		
E-41	42.1	83	52	20	77.59	337.78
E-41	42.2	79	55	20	79.35	337.51
E-41	42.3	81	58	20	77.14	337.91
E-42	43.1	81	42	40	42.39	333.02
E-42	43.2	75	51	0	44.51	333.24
E-42	43.3	79	2	40	43.50	333.25
E-43	44.1	125	31	20	18.80	330.46
E-43	44.2	112	56	40	20.65	330.54
E-43	44.3	119	20	40	20.56	330.34
E-44	45.1	176	14	0	41.06	324.30
E-44	45.2	169	19	40	40.08	324.38
E-44	45.3	172	58	0	40.08	324.40
E-45	46.1	152	41	40	17.73	322.22
E-45	46.2	137	16	0	16.66	322.99
E-45	46.3	145	32	20	16.72	322.26
E-46	47.1	125	56	0	25.24	318.08
E-46	47.2	115	24	40	25.24	318.27
E-46	47.3	120	49	20	25.06	317.89
E-47	48.1	142	5	0	64.91	306.31
E-47	48.2	137	27	40	52.19	307.99
E-47	48.3	139	47	0	60.88	307.00
E-48	49.1	102	21	40	27.84	301.32
E-48	49.2	90	33	40	25.84	301.47
E-48	49.3	96	43	40	26.92	301.64
E-49	50.1	69	51	0	30.88	295.55
E-49	50.2	60	0	0	33.01	295.94
E-49	50.3	64	54	20	31.96	295.86
E-50	51.1	96	39	40	25.78	293.48
E-50	51.2	84	15	0	24.79	293.64
E-50	51.3	90	8	0	25.78	293.66
E-51	52.1	102	8	20	36.79	296.58
E-51	52.2	93	11	0	20.89	295.54
E-51	52.3	97	52	40	37.80	296.88
E-52	53.1	154	52	40	50.83	292.51
E-52	53.2	148	54	40	49.81	292.54
E-52	53.3	151	52	20	50.86	292.68
E-53	54.1	148	28	40	58.72	294.52
E-53	54.2	143	31	0	59.96	294.41
E-53	54.3	146	4	0	58.96	294.66
E-54	55.1	209	35	0	49.89	292.08
E-54	55.2	204	26	0	48.00	292.42
E-54	55.3	207	12	20	48.87	292.40
E-55	56.1	190	23	40	23.92	295.01
E-55	56.2	178	36	0	26.94	293.72
E-55	56.3	184	25	20	24.95	293.81
E-56	57.1	200	29	20	61.92	291.56
E-56	57.2	195	56	40	60.92	291.68
E-56	57.3	198	10	40	59.92	291.82
E-57	58.1	181	46	40	37.94	290.06
E-57	58.2	174	40	20	38.89	290.14
E-57	58.3	178	6	0	37.92	290.23
E-58	59.1	225	59	0	19.00	290.27
E-58	59.2	210	25	20	20.00	290.33
E-58	59.3	217	23	0	19.00	290.44
E-59	60.1	250	6	20	39.70	293.77
E-59	60.2	242	8	0	31.77	293.24
E-59</						



NOMENCLATURA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	TUBERIA DE P.V.C. Ø INDICADO
ST	SUB-TANGENTE
R	RADIO DE CURVATURA
D	DEFLEXIÓN
PCC	PRINCIPIO DE CURVA COMPUESTA
CT	COTA DE TERRENO
CR	COTA INVERT DE ENTRADA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
DAP	DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
STA	ESTACIONAMIENTO

PLANTA - PERFIL

ESC. HORIZONTAL 1:2000
 ESC. VERTICAL 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO:
 DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

CONTENIDO:
PLANTA - PERFIL

ESTUDIANTE:
 JORGE OROZCO

CARNET:
 2001-12616

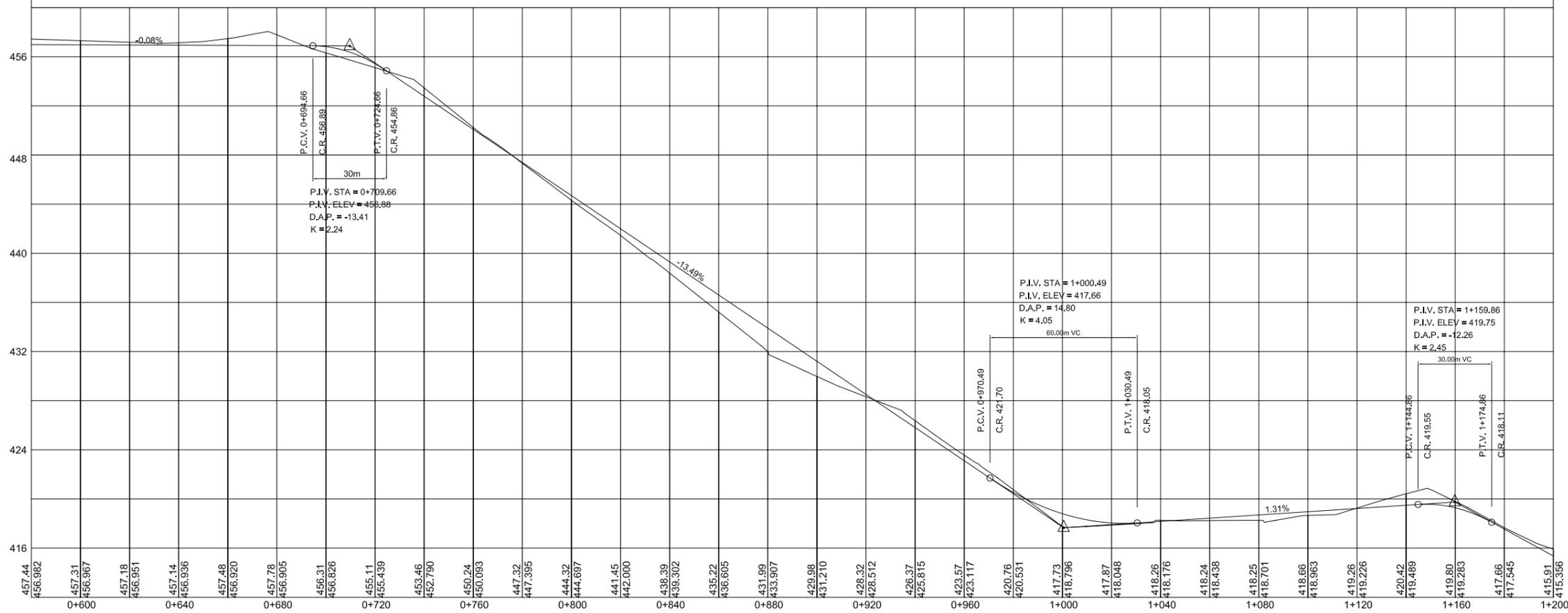
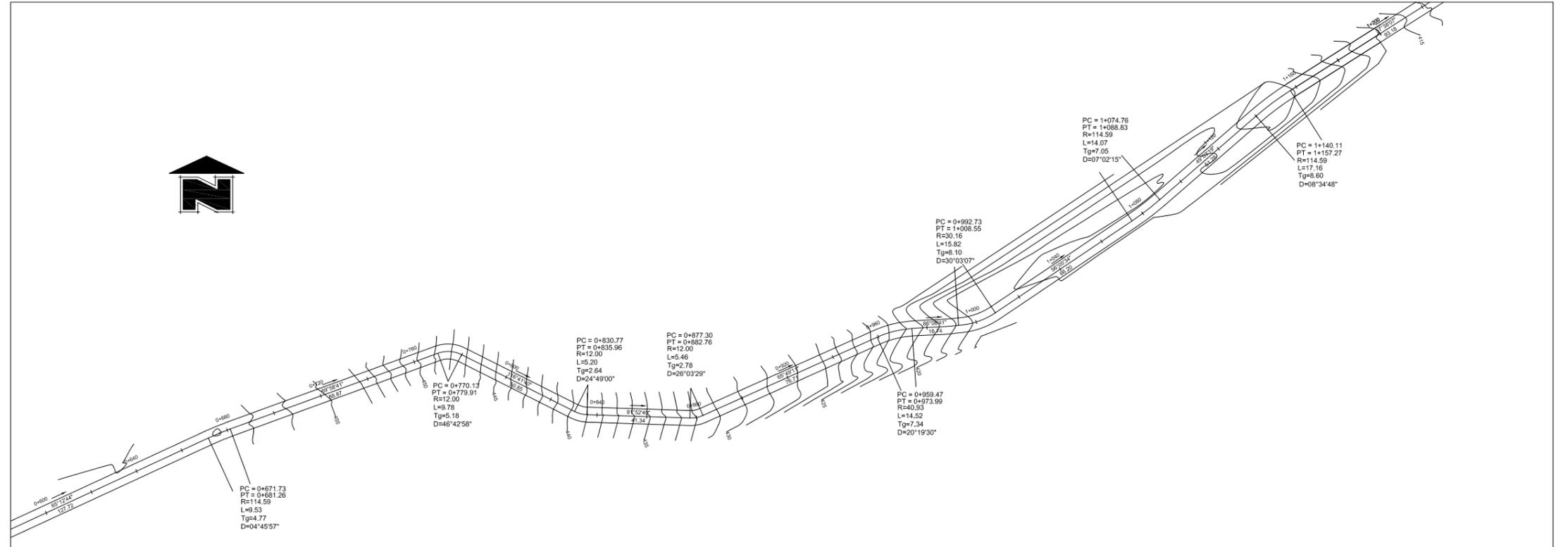
FECHA:
 ENERO, 2008

DISEÑO: J.O.
 CALCULO: J.O.
 DIBUJO: J.O.
 ESCALA: J.O.

HOJA

2

16



NOMENCLATURA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	TUBERIA DE P.V.C. Ø INDICADO
ST	SUB-TANGENTE
R	RADIO DE CURVATURA
D	DEFLEXIÓN
PCC	PRINCIPIO DE CURVA COMPUESTA
CT	COTA DE TERRENO
CR	COTA INVERT DE ENTRADA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
DAP	DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
STA	ESTACIONAMIENTO

PLANTA - PERFIL

ESC. HORIZONTAL: 1:2000
 ESC. VERTICAL: 1:1000

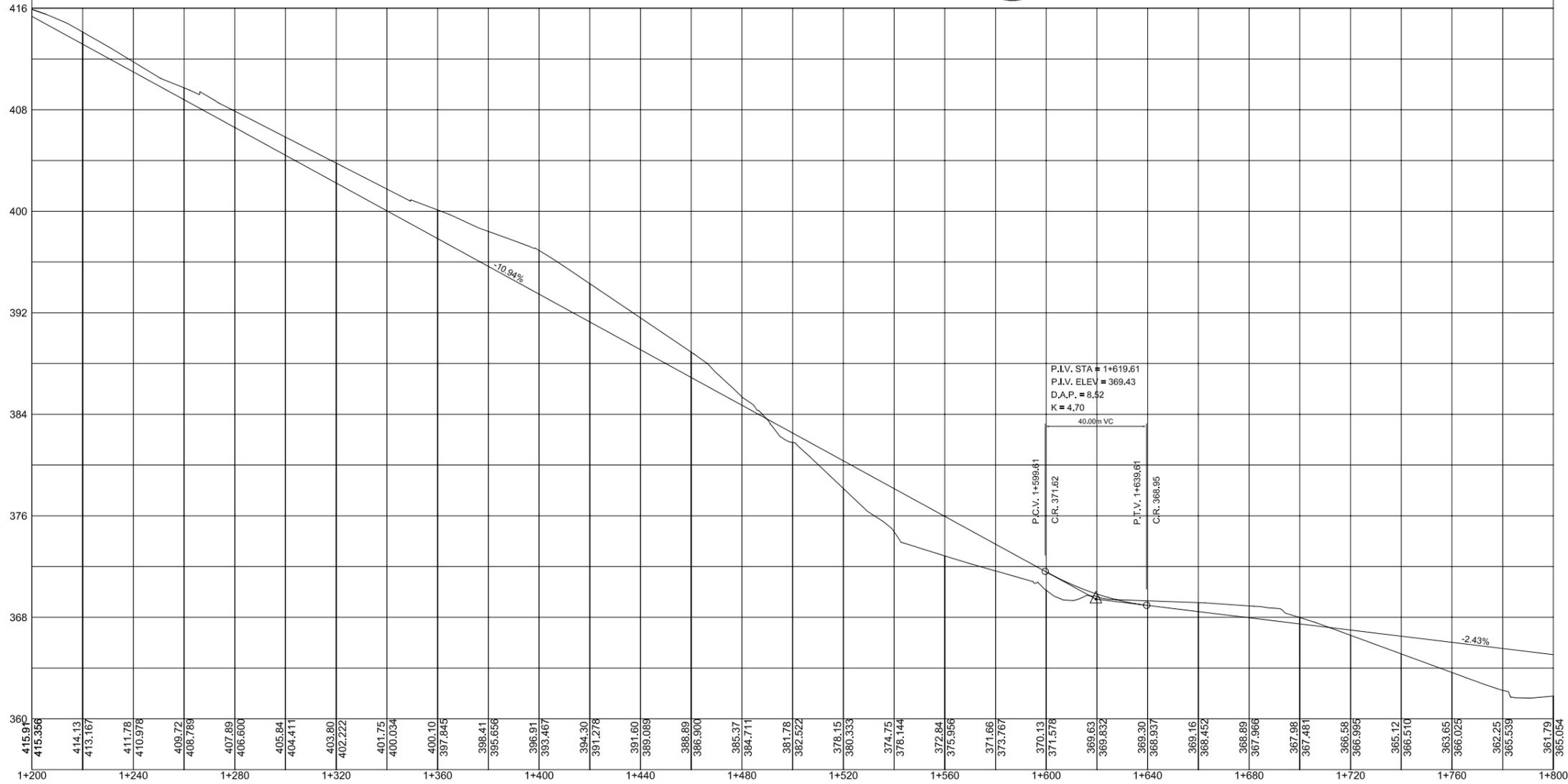
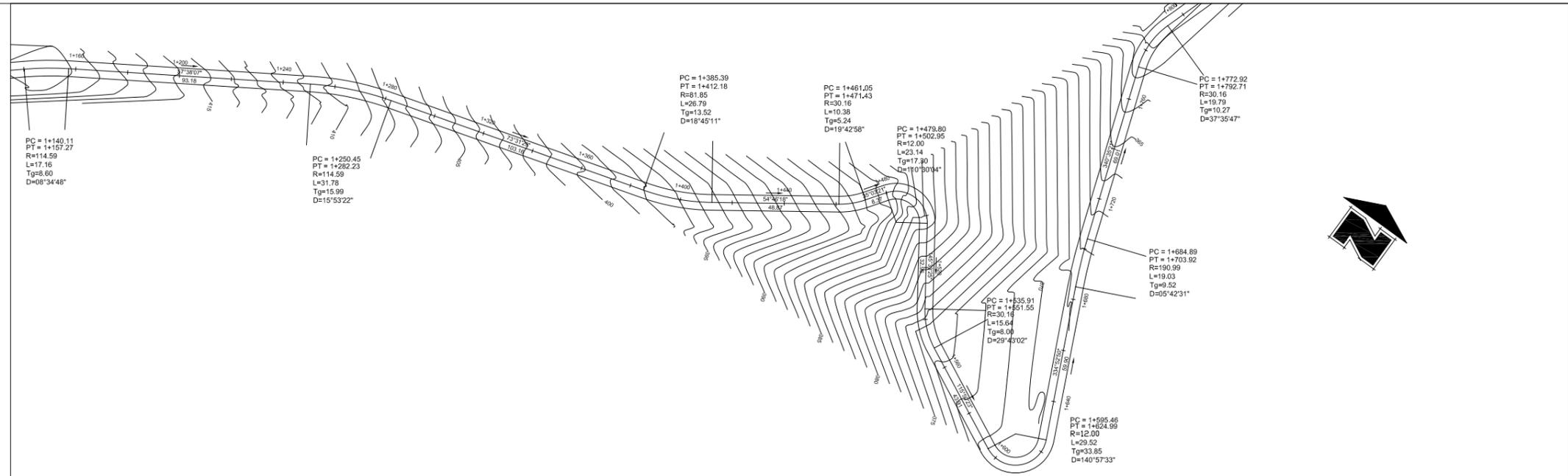


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
 PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

DISEÑO: J.O.
 CALCULO: J.O.
 DIBUJO: J.O.
 ESCALA: J.O.
 FECHA: ENERO, 2008

CONTENIDO: PLANTA - PERFIL
 ESTUDIANTE: JORGE OROZCO
 CARNET: 2001-12616
 HOJA: 3
 16



NOMENCLATURA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	TUBERIA DE P.V.C. Ø INDICADO
ST	SUB-TANGENTE
R	RADIO DE CURVATURA
D	DEFLEXIÓN
PCC	PRINCIPIO DE CURVA COMPUESTA
CT	COTA DE TERRENO
CR	COTA INVERT DE ENTRADA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
DAP	DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
STA	ESTACIONAMIENTO

PLANTA - PERFIL

ESC. HORIZONTAL: 1:2000
ESC. VERTICAL: 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

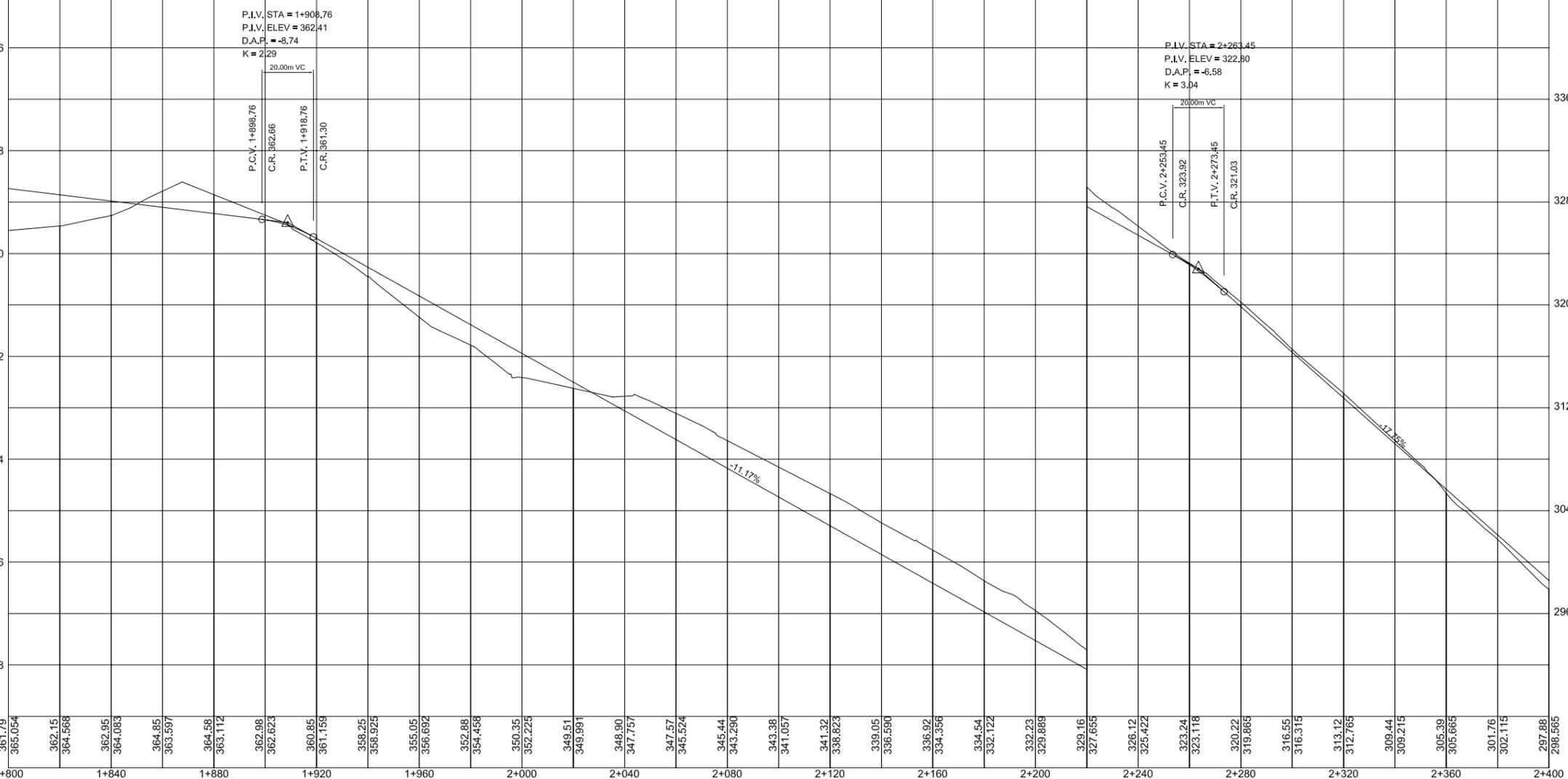
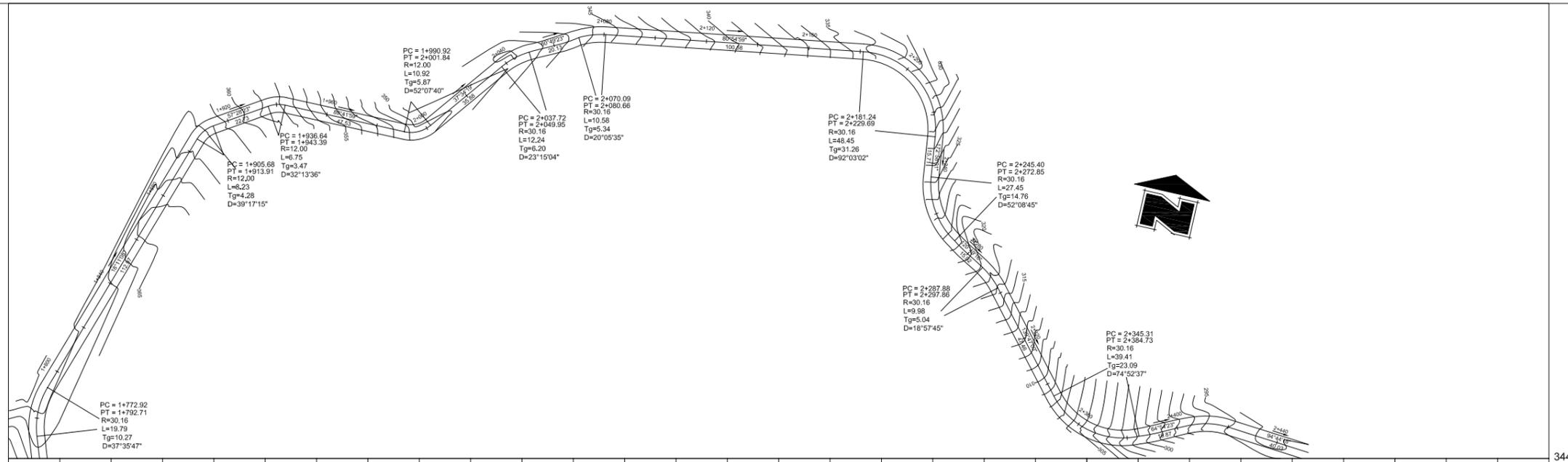
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

HOJA: 4

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLEZ
ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.A.L.
ING. JERÓNIMO REYES ORELLANA
ALCALDE MUNICIPAL



NOMENCLATURA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	TUBERIA DE P.V.C. Ø INDICADO
ST	SUB-TANGENTE
R	RADIO DE CURVATURA
D	DEFLEXIÓN
PCC	PRINCIPIO DE CURVA COMPUESTA
CT	COTA DE TERRENO
CR	COTA INVERT DE ENTRADA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
DAP	DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
STA	ESTACIONAMIENTO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

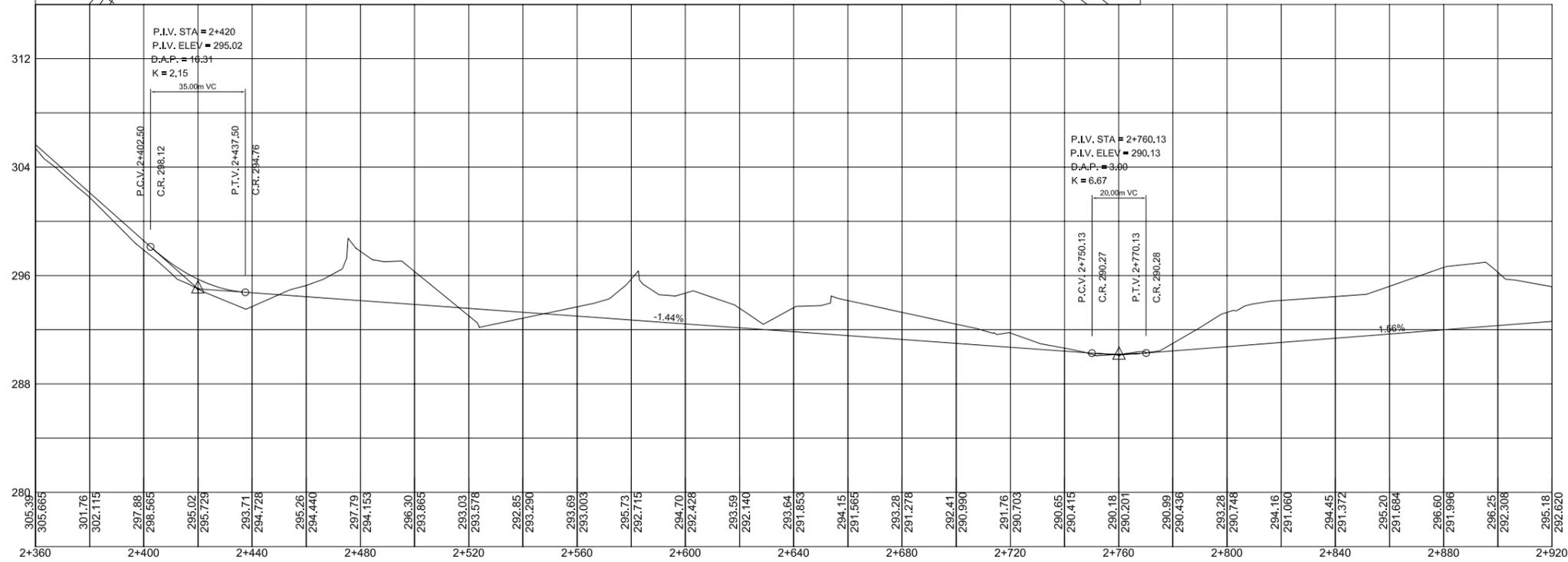
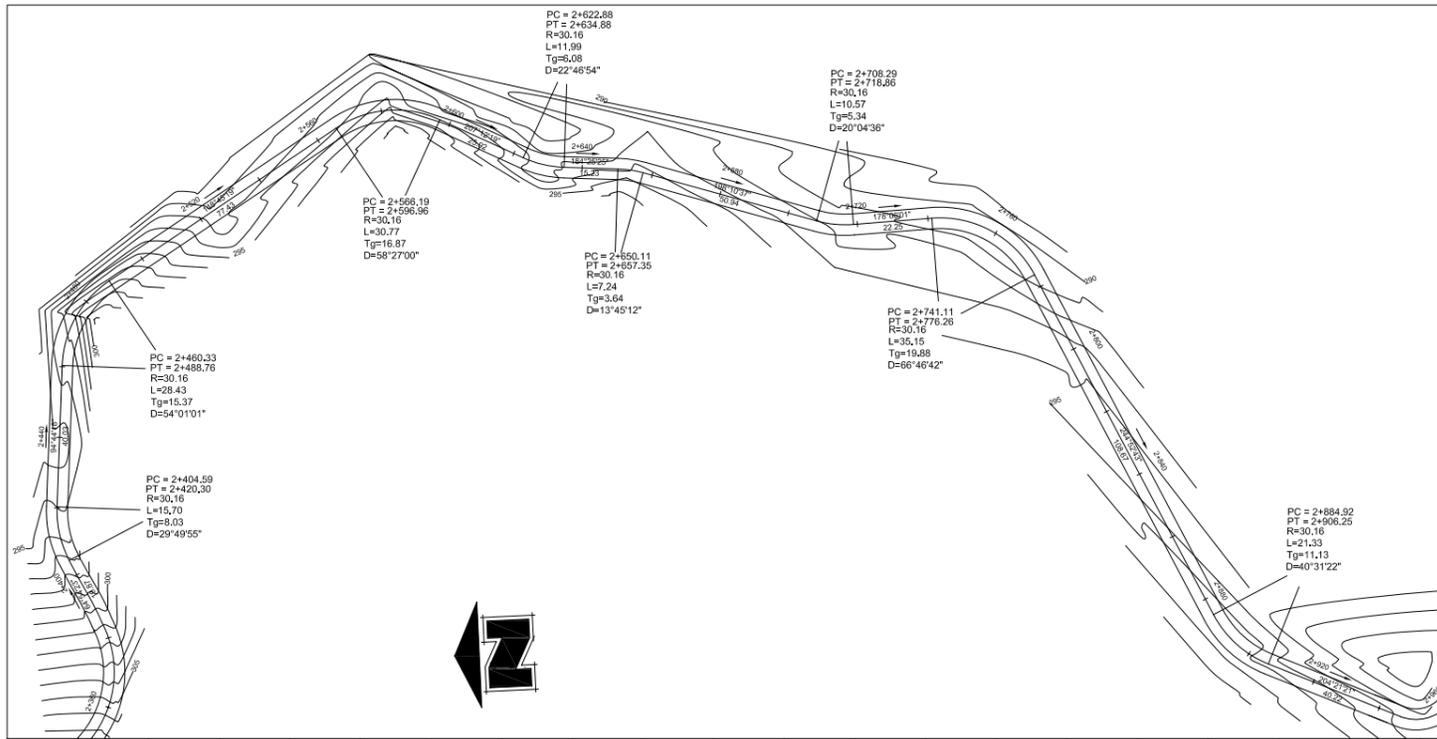
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

HOJA: 5

FECHA: ENERO, 2008

16



NOMENCLATURA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	TUBERIA DE P.V.C. Ø INDICADO
ST	SUB-TANGENTE
R	RADIO DE CURVATURA
D	DEFLEXIÓN
PCC	PRINCIPIO DE CURVA COMPUESTA
CT	COTA DE TERRENO
CR	COTA INVERT DE ENTRADA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
DAP	DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
STA	ESTACIONAMIENTO

PLANTA - PERFIL

ESC. HORIZONTAL: 1:2000
ESC. VERTICAL: 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

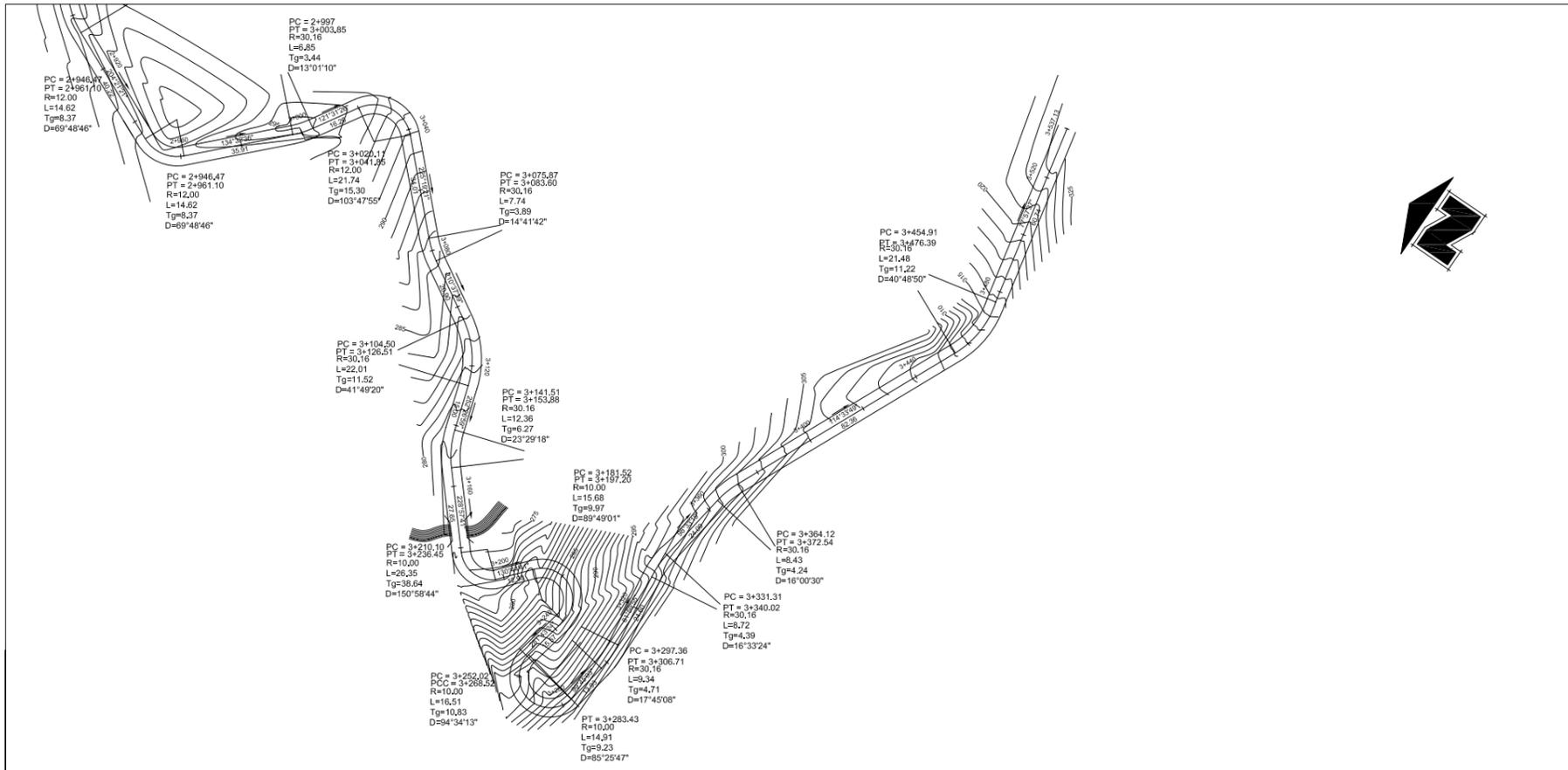
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

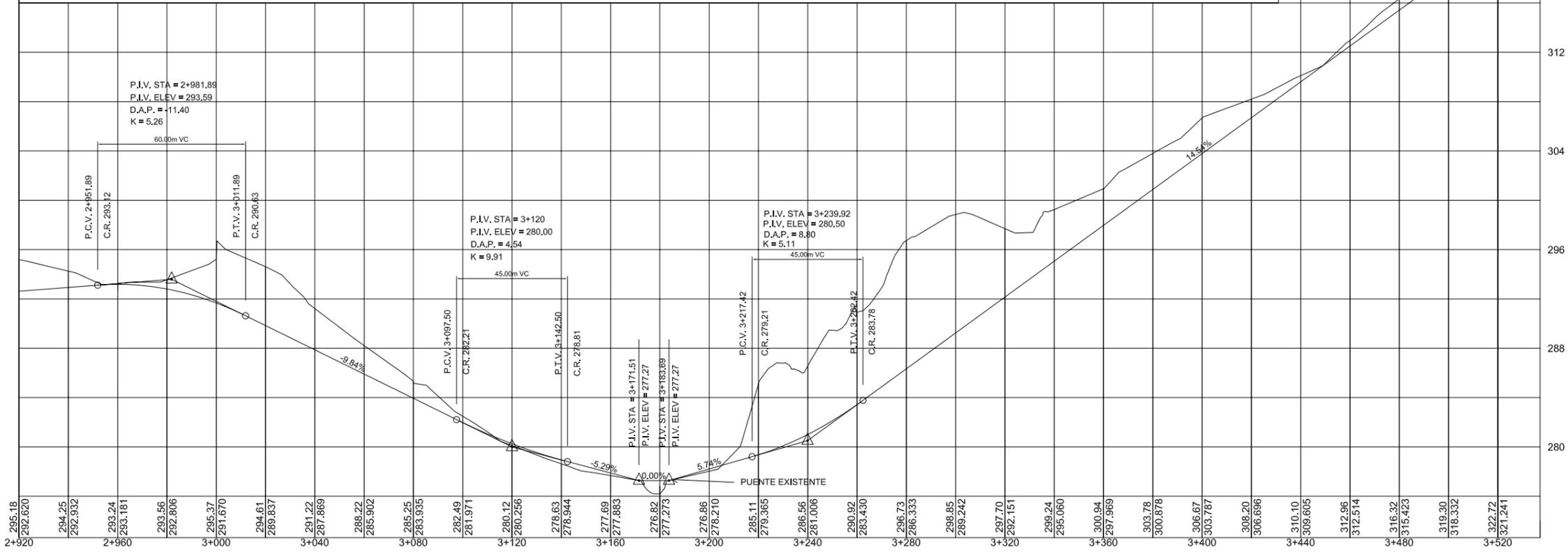
HOJA: 6

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VECERO
ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.A.L.
ING. JERÓNIMO REVARO CHEL
ALCALDE MUNICIPAL



NOMENCLATURA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	TUBERIA DE P.V.C. Ø INDICADO
ST	SUB-TANGENTE
R	RADIO DE CURVATURA
D	DEFLEXION
PCC	PRINCIPIO DE CURVA COMPUESTA
CT	COTA DE TERRENO
CR	COTA INVERT DE ENTRADA
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
DAP	DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
STA	ESTACIONAMIENTO



PLANTA - PERFIL

ESC. HORIZONTAL: 1:2000
ESC. VERTICAL: 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

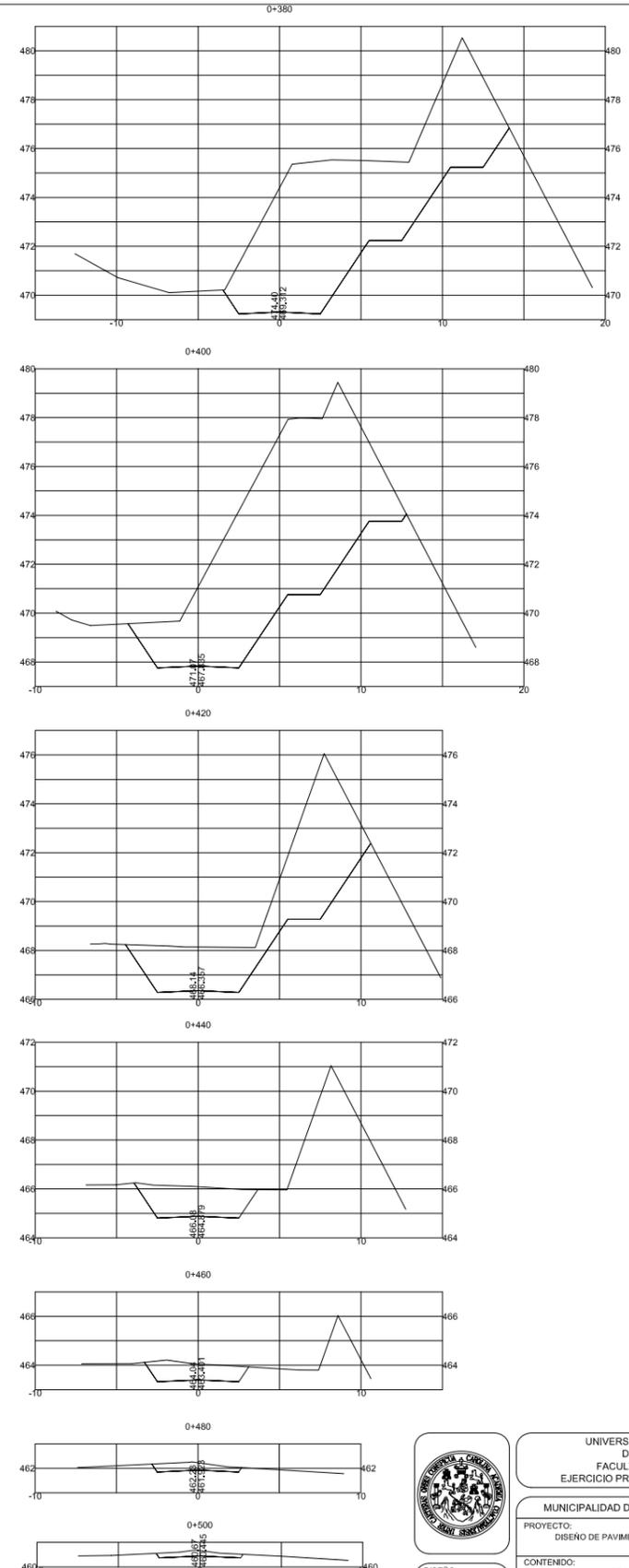
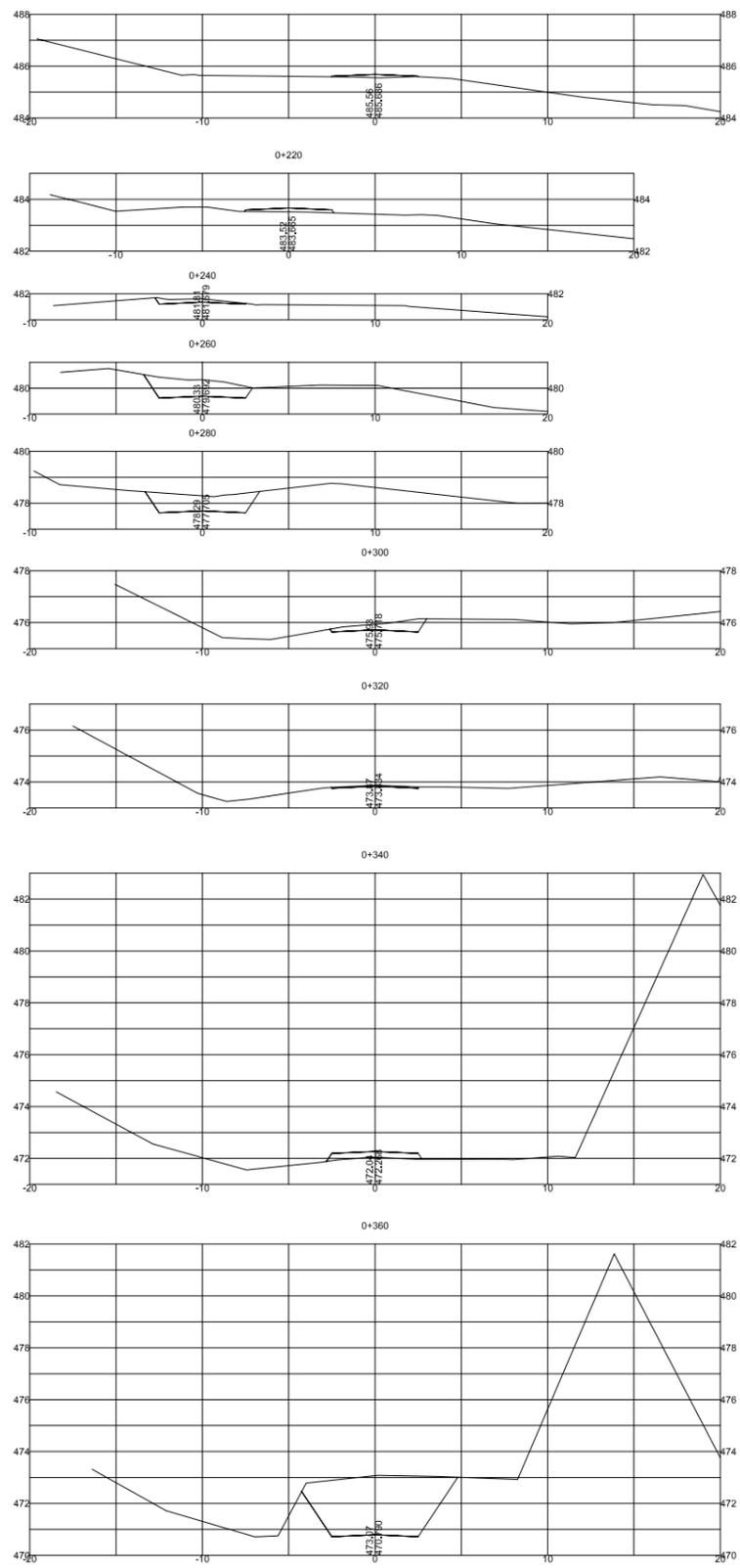
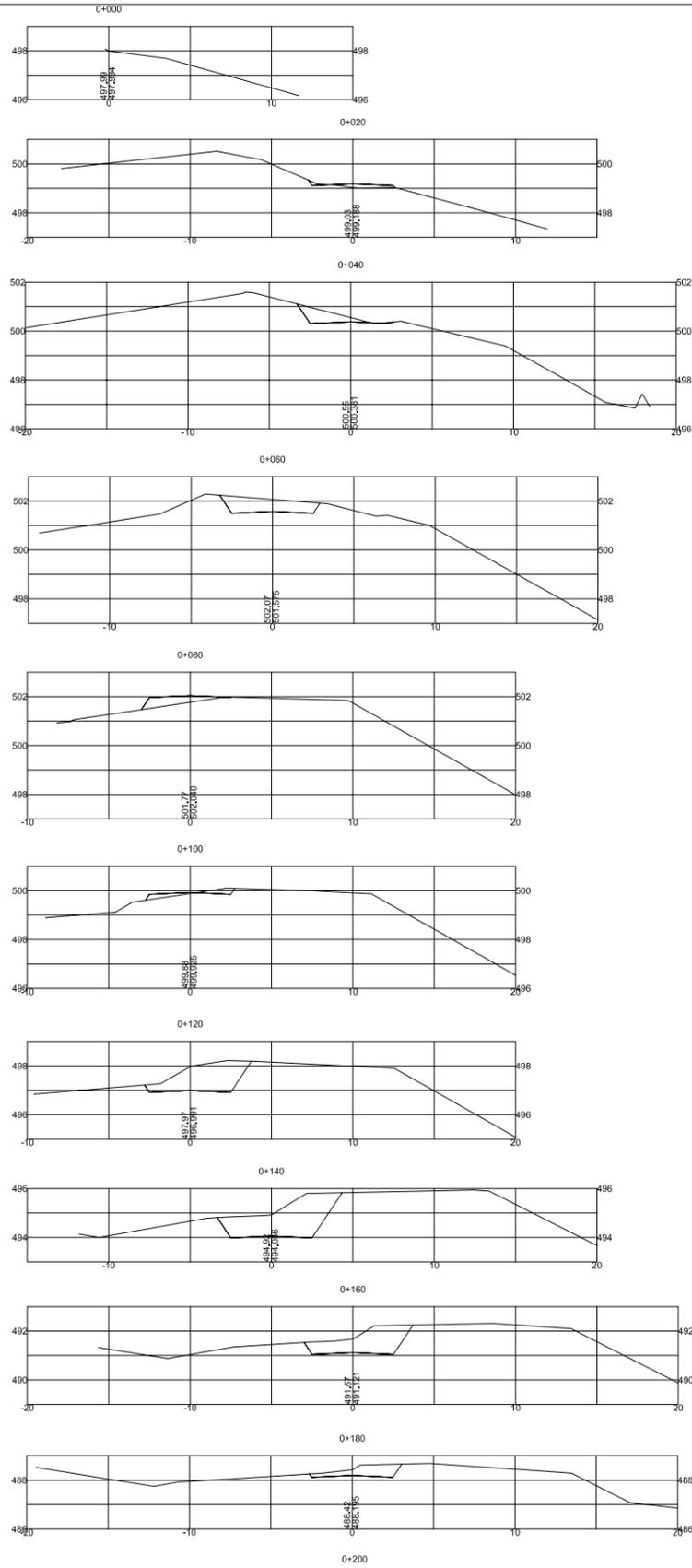
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

Hoja: HOJA 7

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

ING. LUIS GREGORIO ALVARO VELEZ ASesor y SUPERVISOR DE E.P.A.
ING. GERÓNIMO BARRERO CHEIL ALCALDE MUNICIPAL



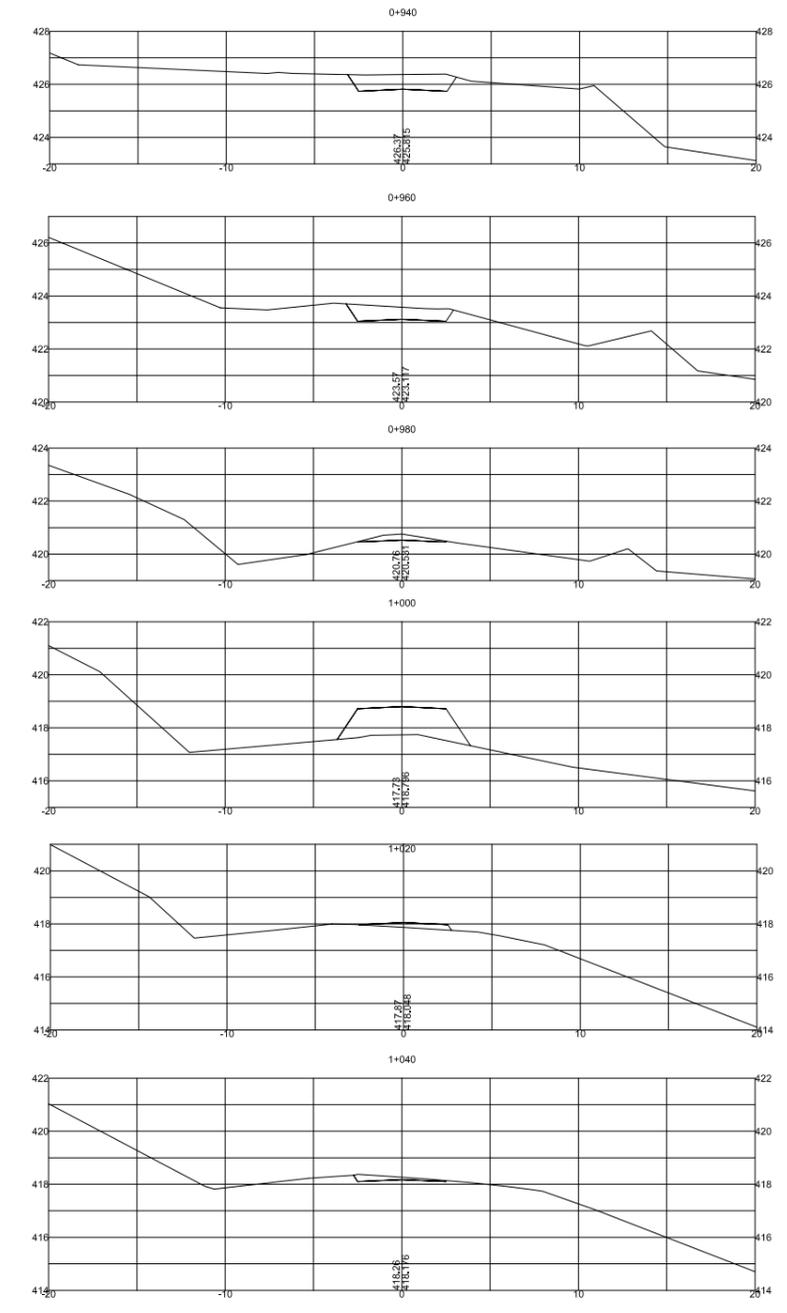
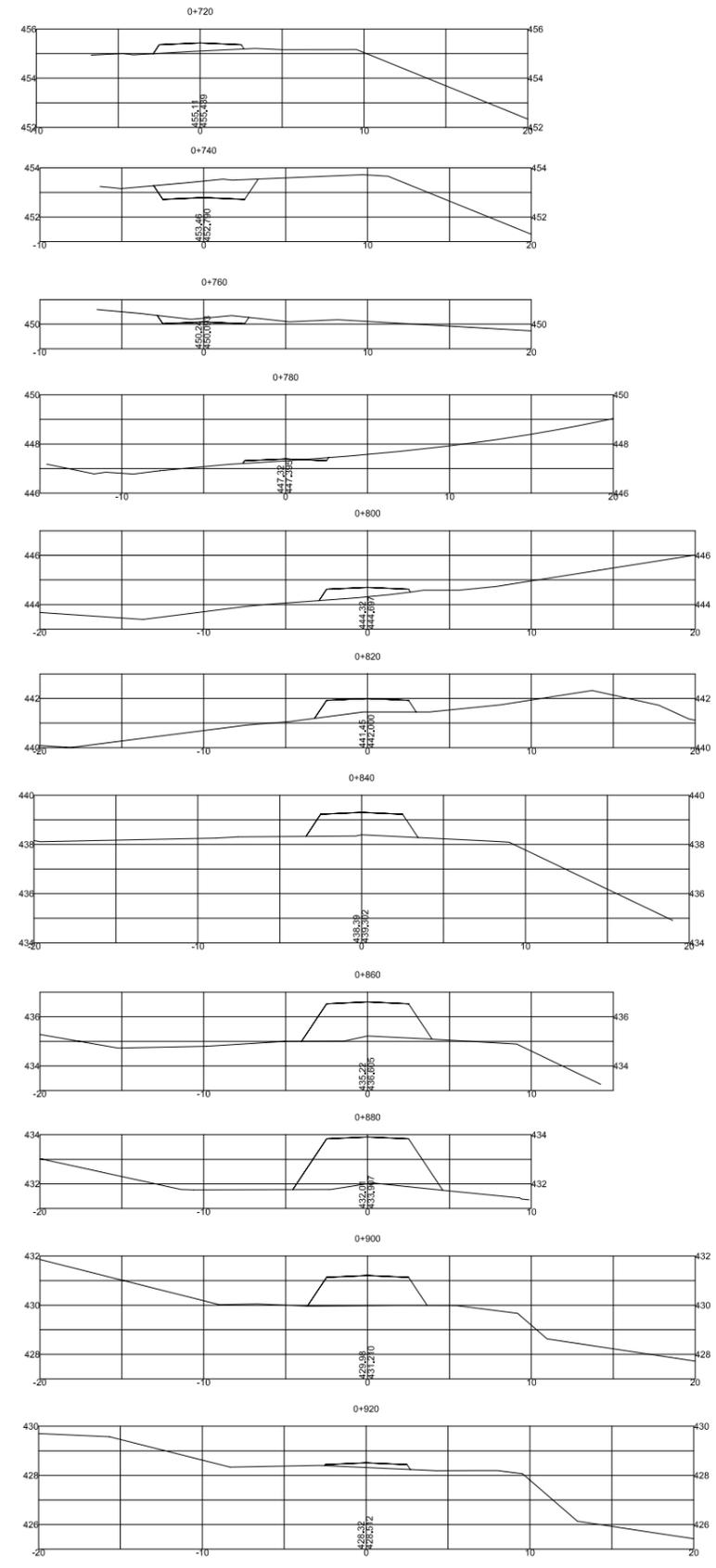
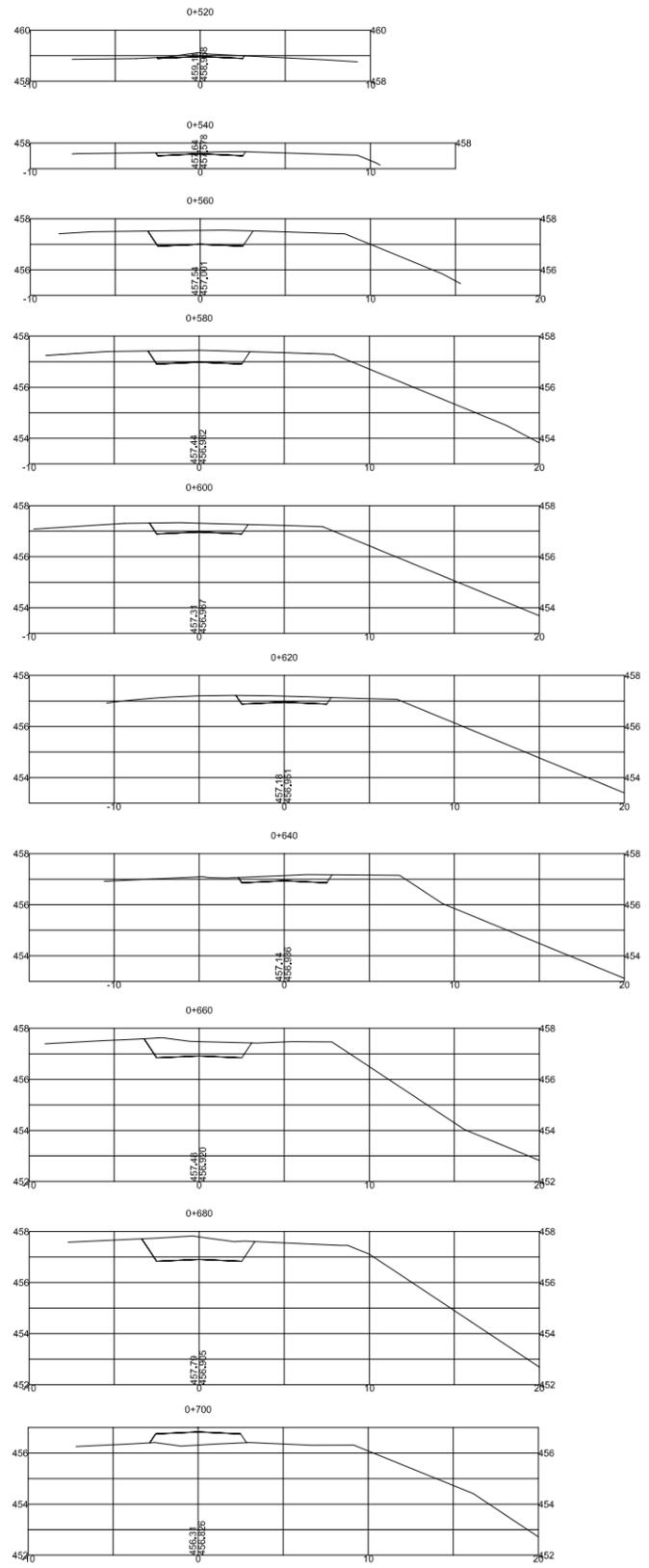
SECCIONES TRANSVERSALES

ESC. HORIZONTAL: 1:400
ESC. VERTICAL: 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN	
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN	
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES	
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO	CARNET: 2001-12616
Vs.Bs:	HOJA
8	
FECHA: ENERO, 2008	16





SECCIONES TRANSVERSALES

ESC. HORIZONTAL. 1:400
ESC. VERTICAL 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

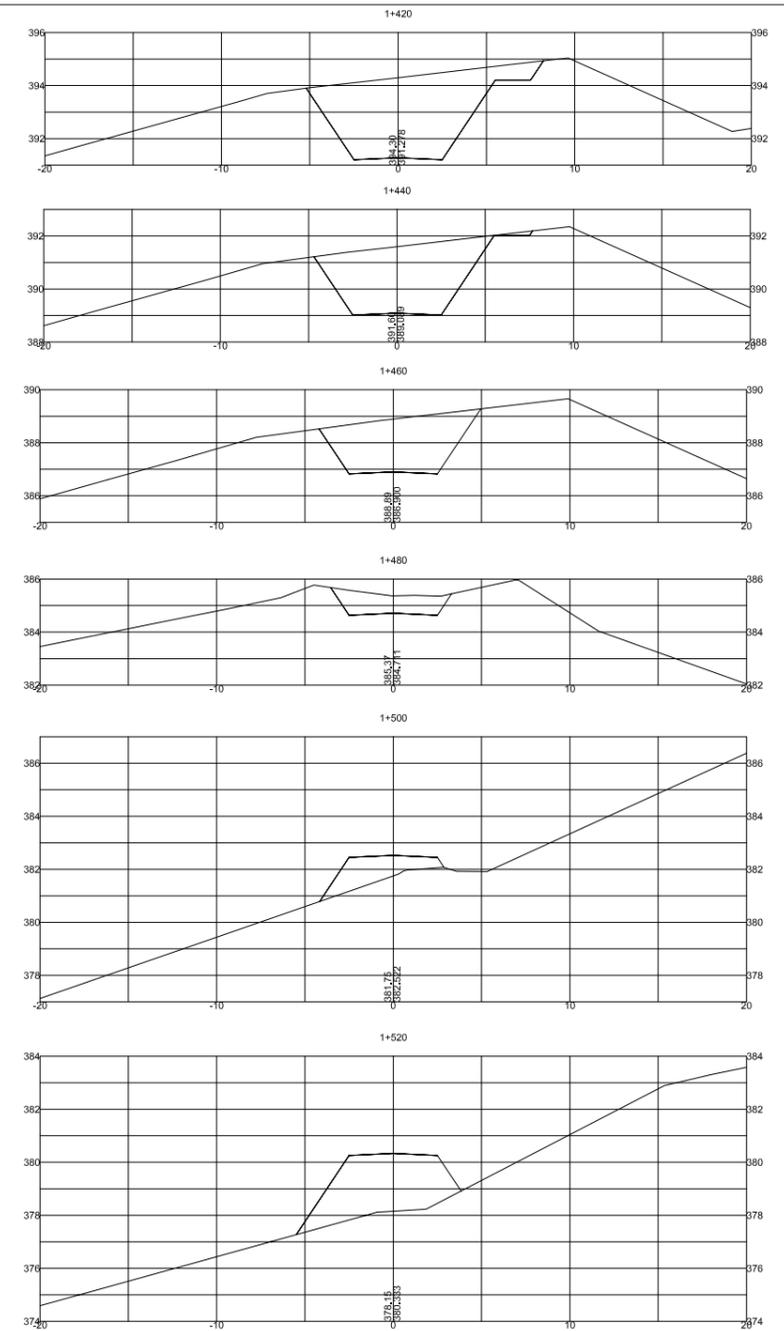
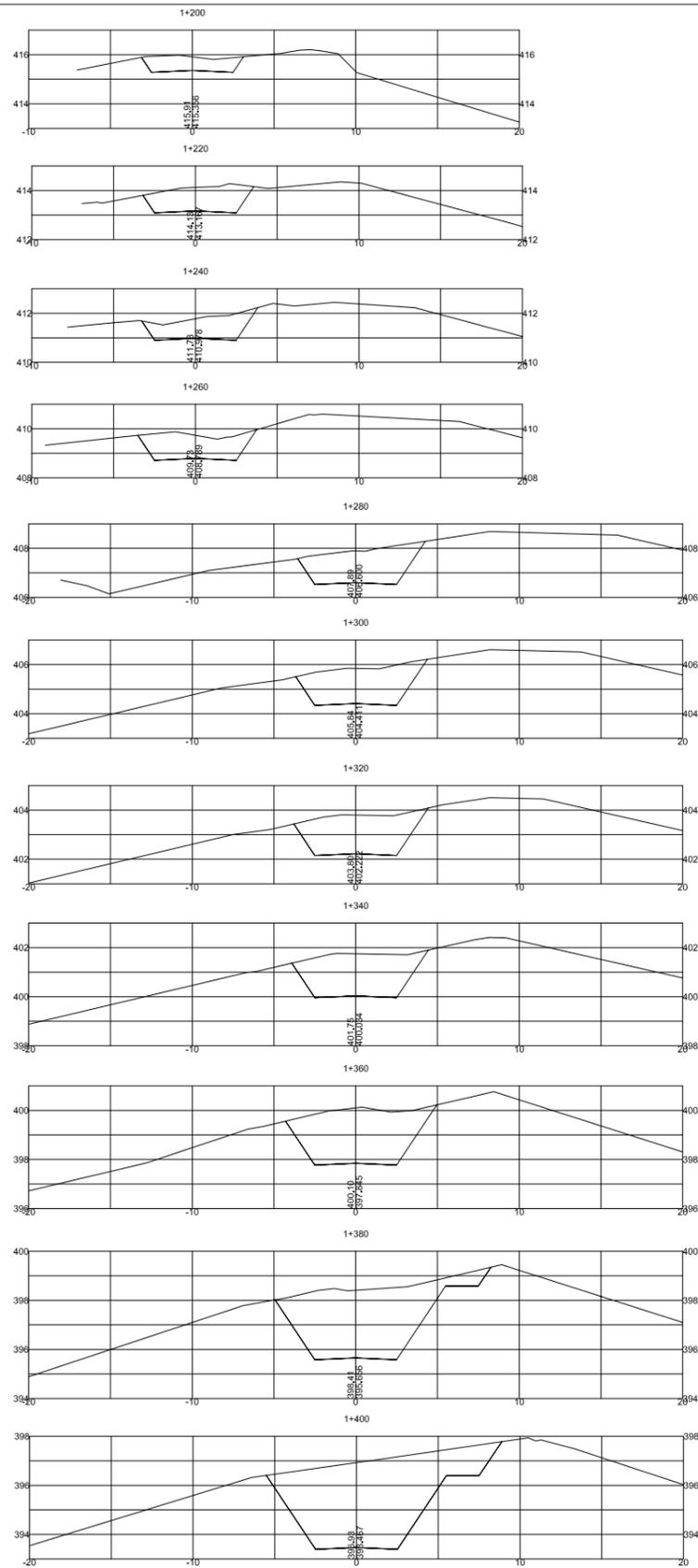
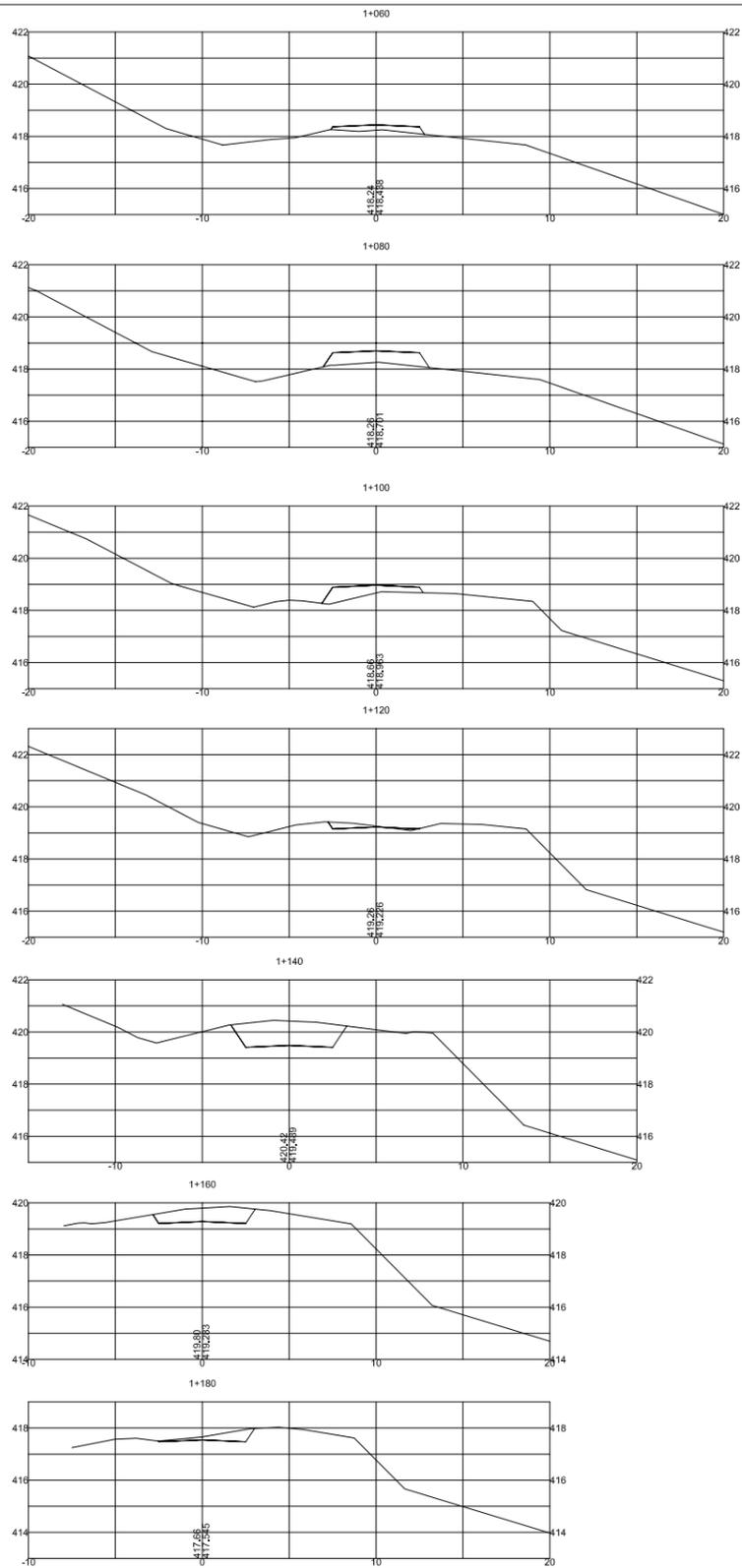
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

FECHA: ENERO, 2008

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VEJÉ ASesor y SUPERVISOR DE E.P.A. ING. GERÓNIMO BARRERO CHEIL ALCALDE MUNICIPAL



SECCIONES TRANVERSALES

ESC. HORIZONTAL: 1:400
ESC. VERTICAL: 1:1000

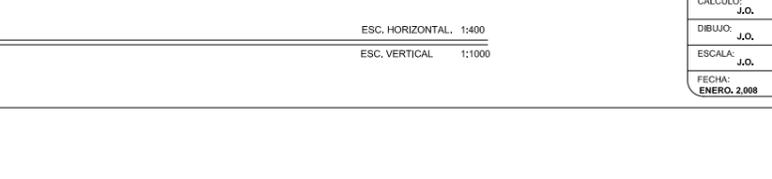
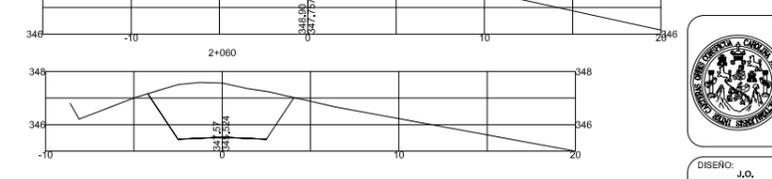
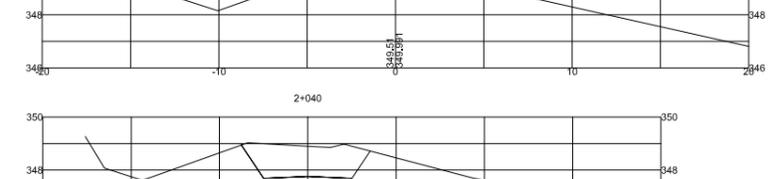
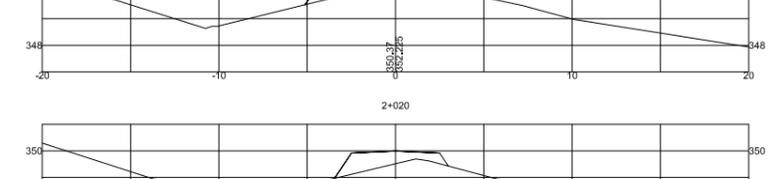
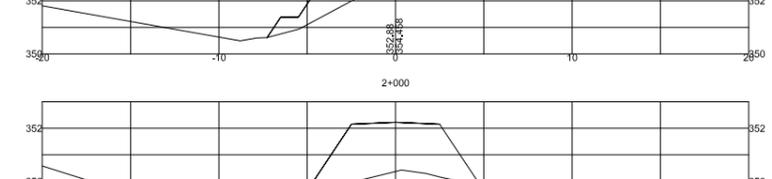
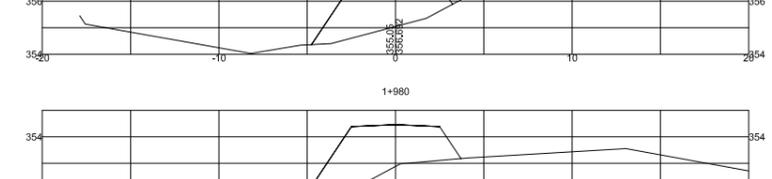
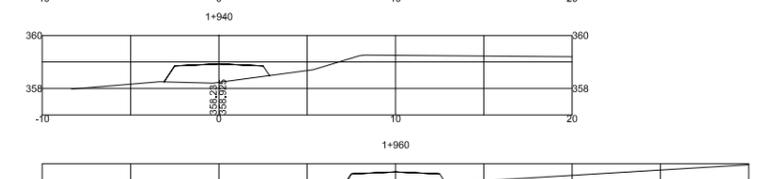
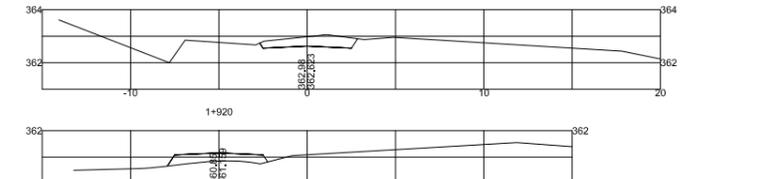
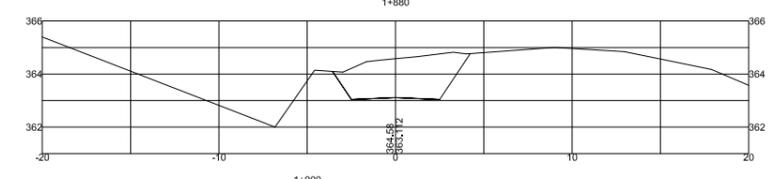
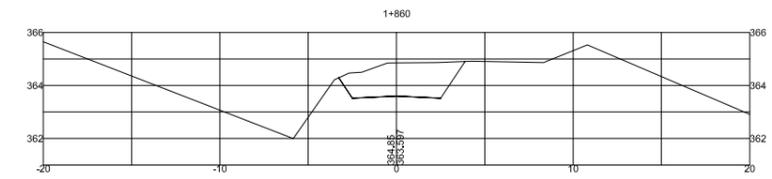
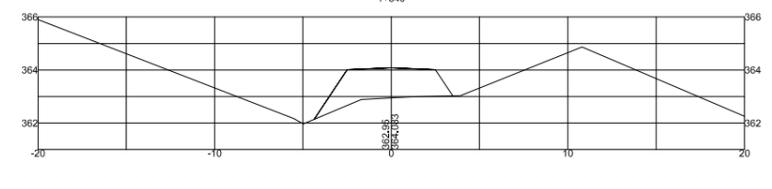
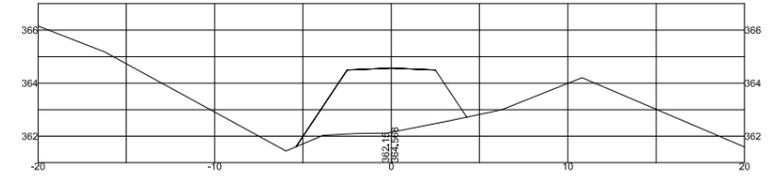
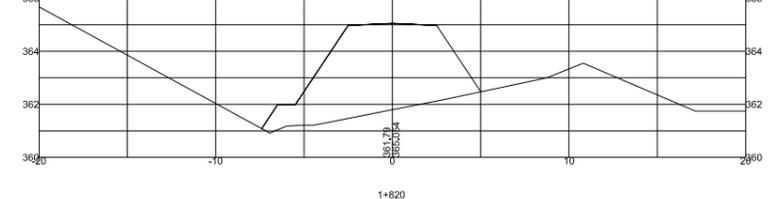
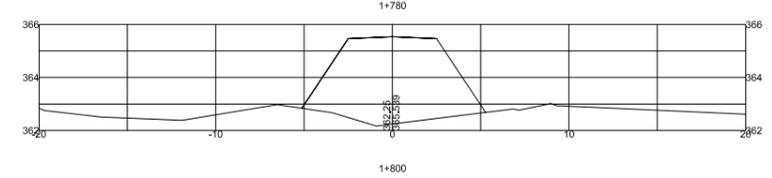
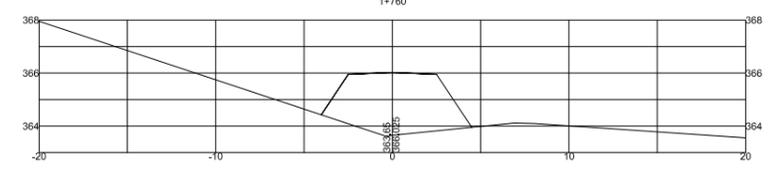
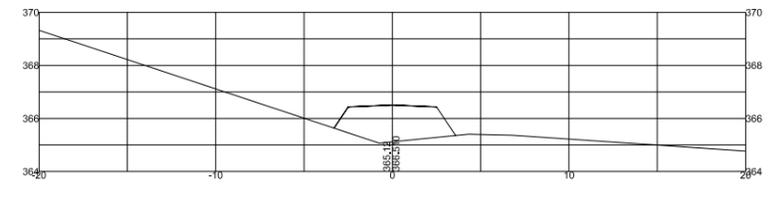
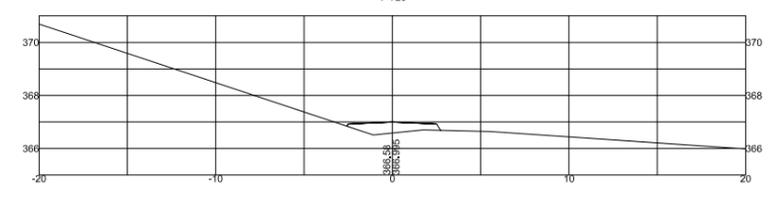
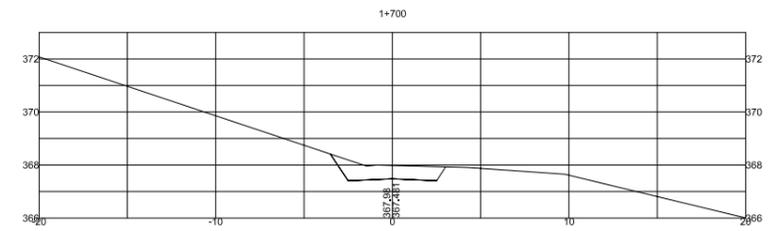
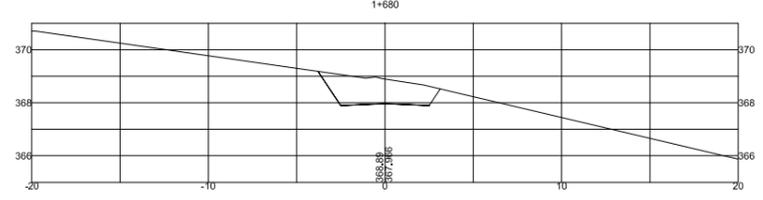
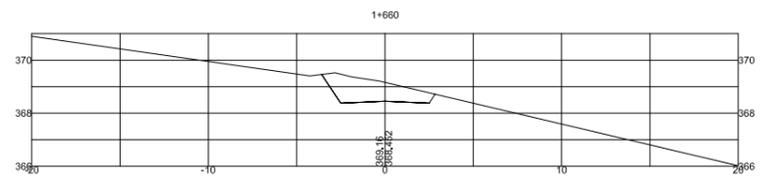
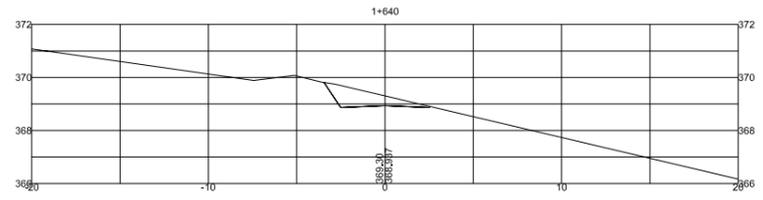
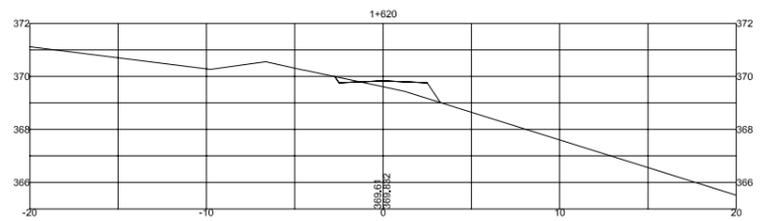
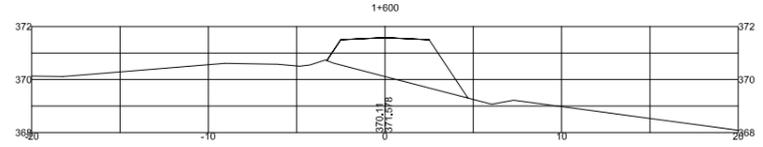
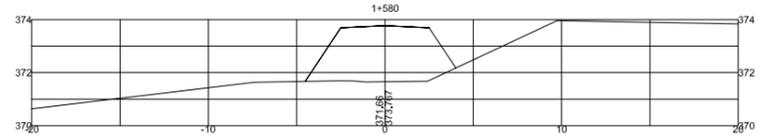
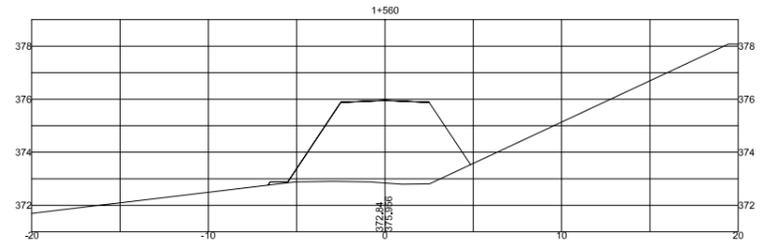
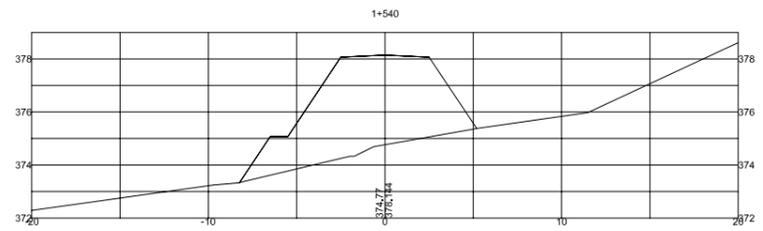


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN	
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN	
CONTENIDO: SECCIONES TRANVERSALES	
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO	CARNET: 2001-12616
Hoja 10	
16	

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VEJÉ
ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.Z.

ING. JERÓNIMO BARRERO CHEIL
ALCALDE MUNICIPAL



SECCIONES TRANSVERSALES

ESC. HORIZONTAL: 1:400
ESC. VERTICAL: 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

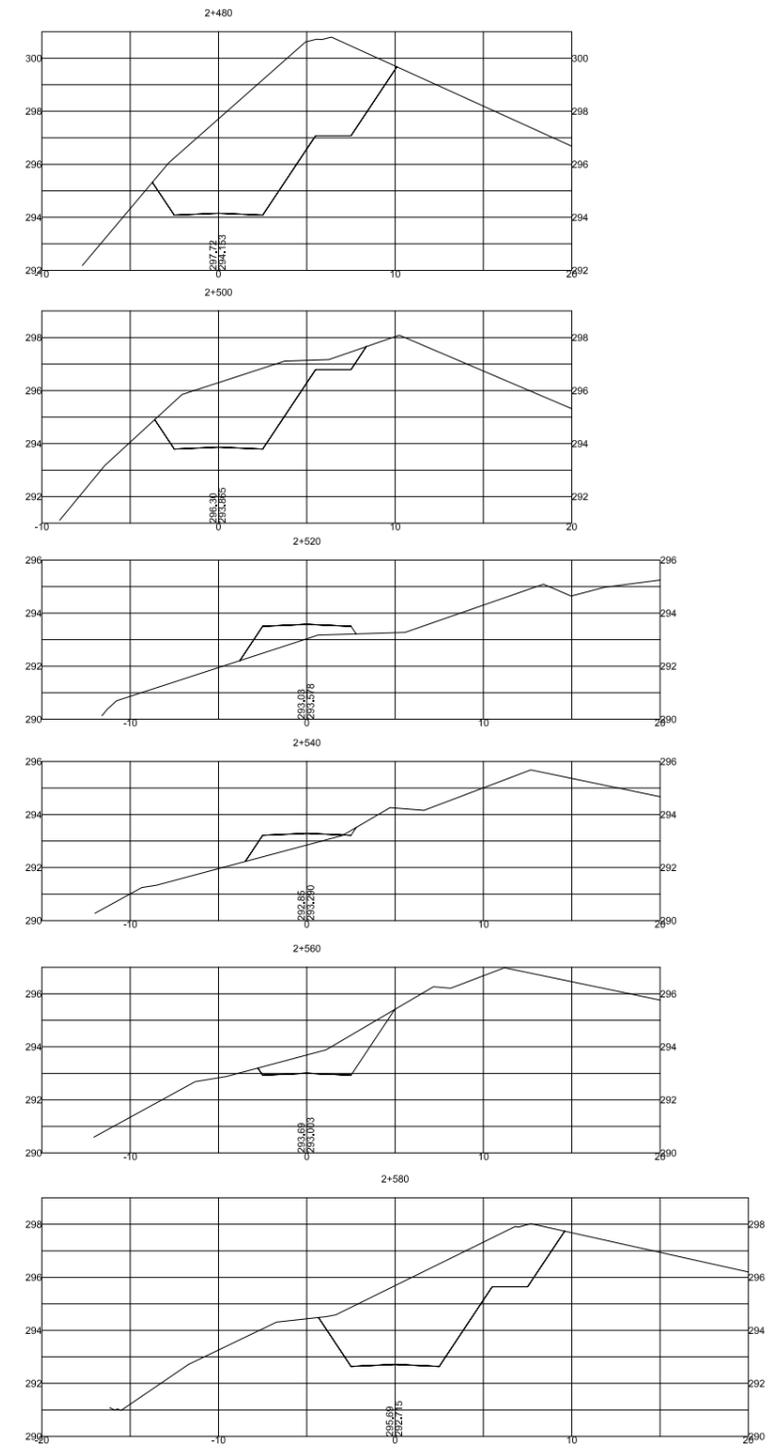
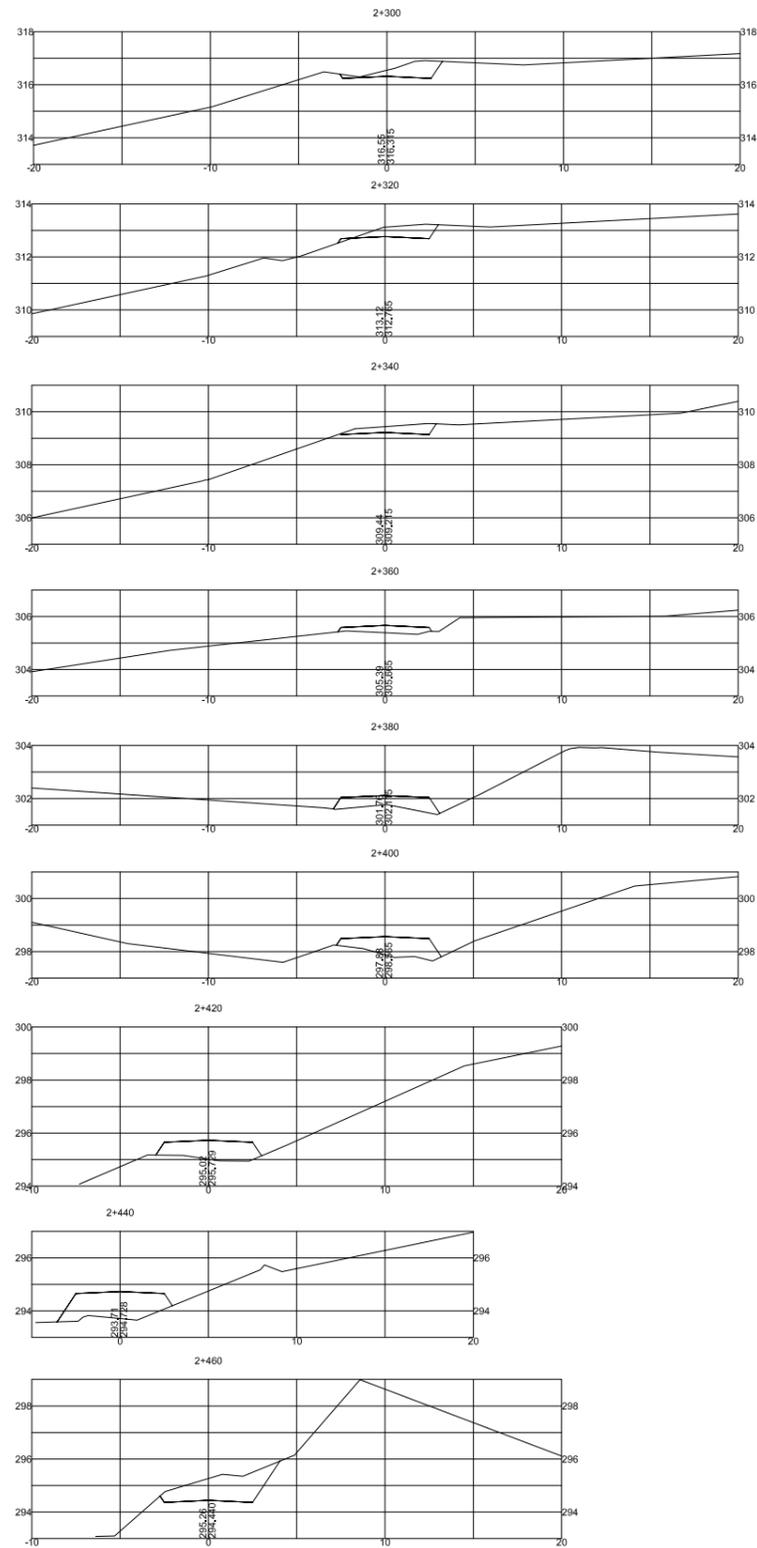
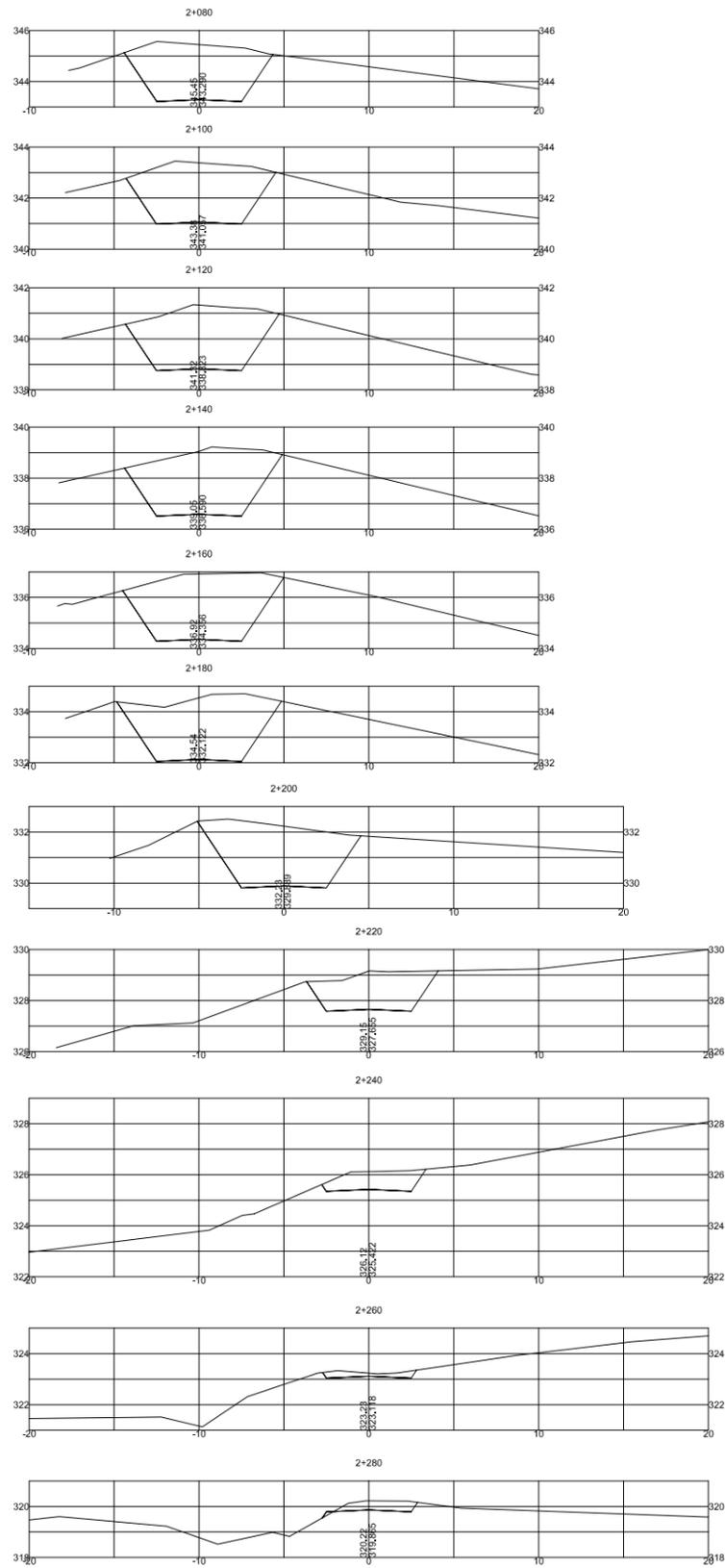
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

Hoja 11

FECHA: ENERO, 2008

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VEJÉ ASesor y SUPERVISOR DE E.P.A.L.
ING. GERÓNIMO BARRERO CHEJÉ ALCALDE MUNICIPAL





SECCIONES TRANVERSALES

ESC. HORIZONTAL: 1:400
ESC. VERTICAL: 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

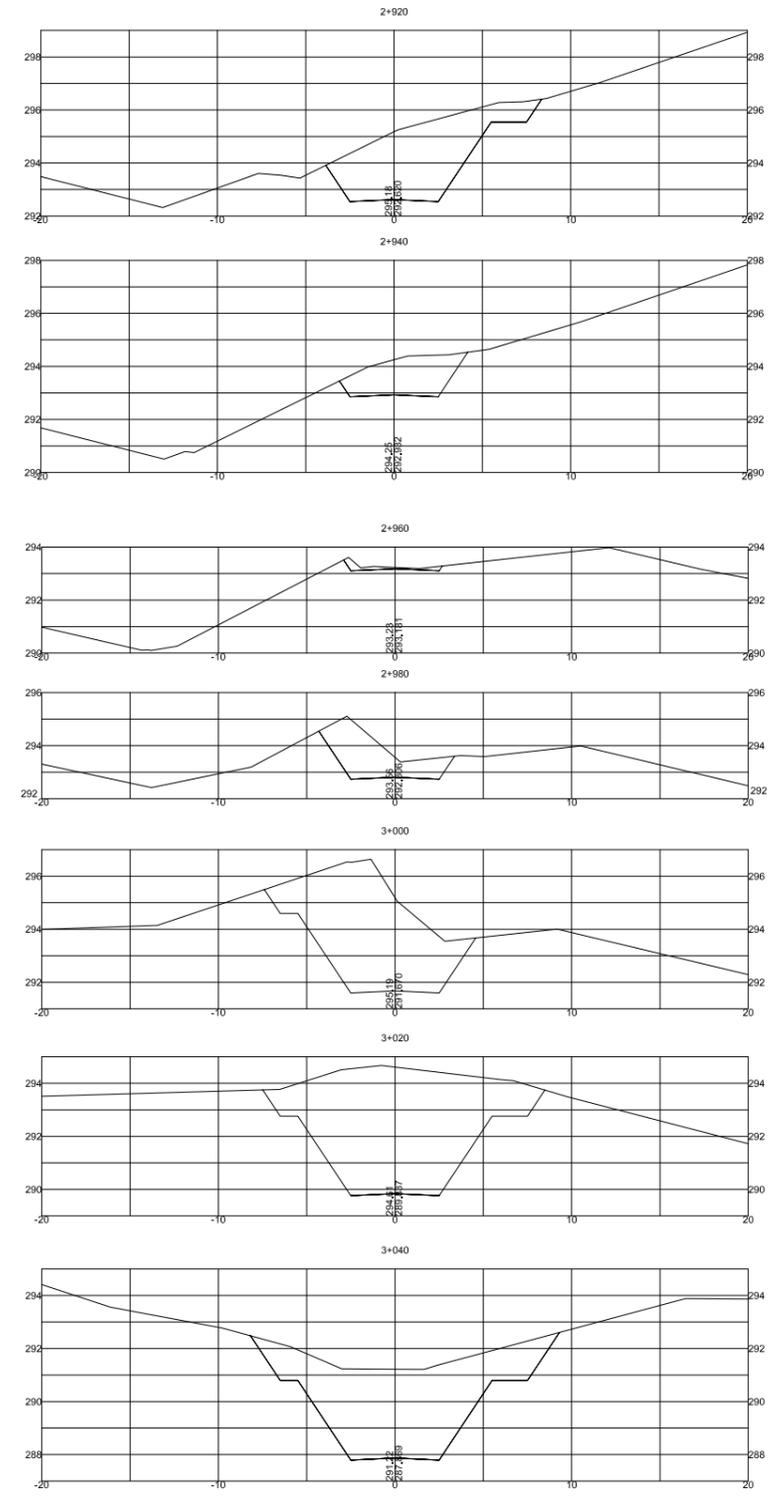
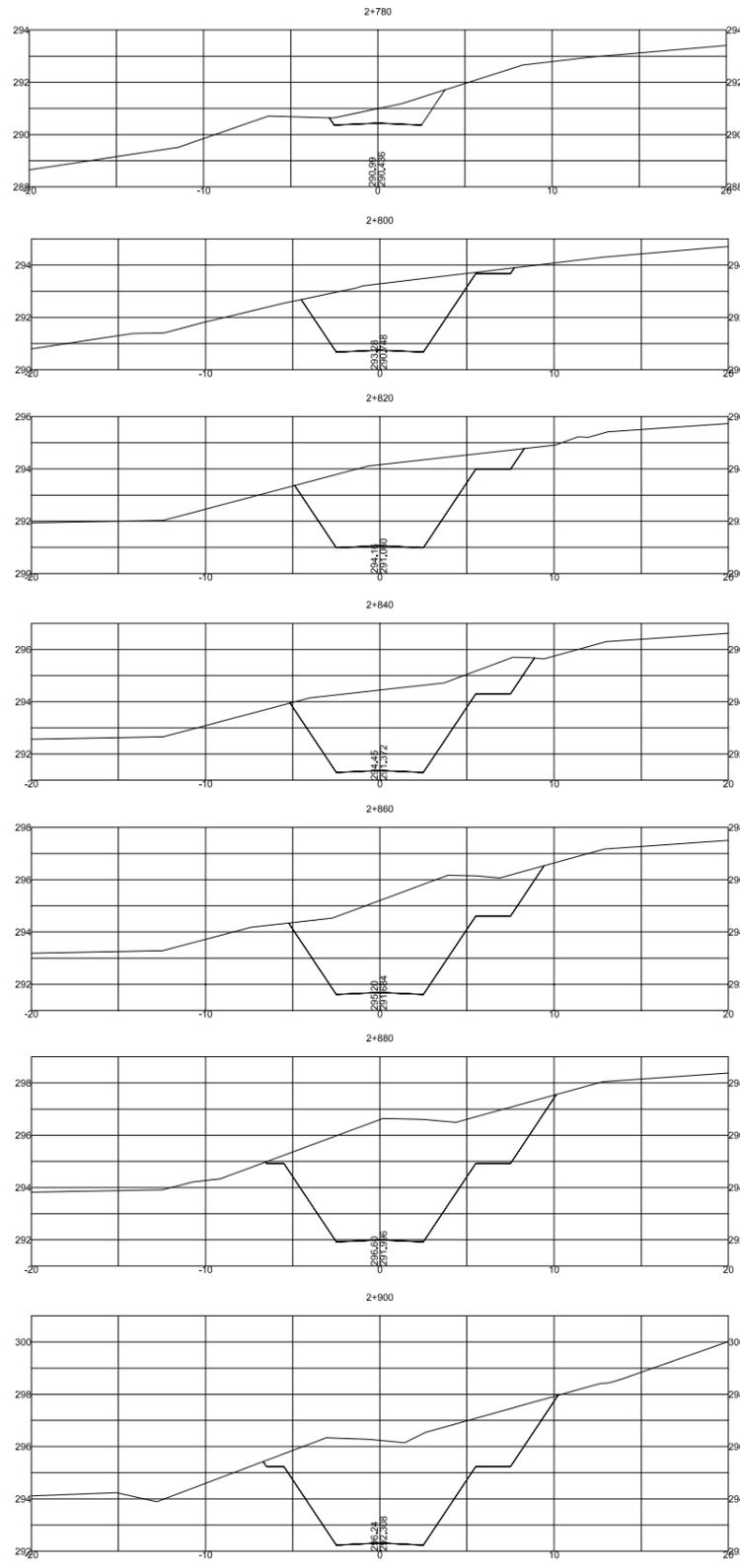
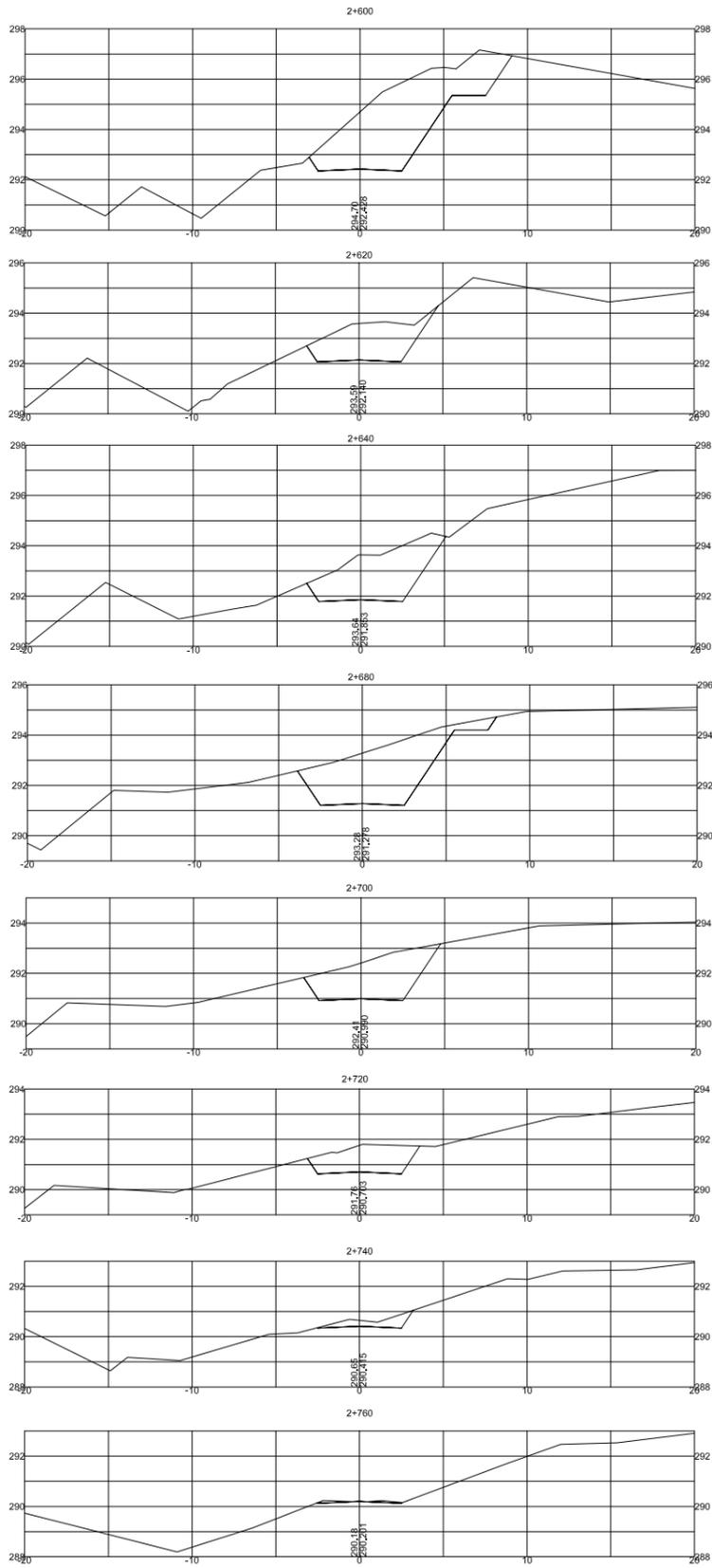
CONTENIDO: SECCIONES TRANVERSALES

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

Hoja: 12

FECHA: ENERO, 2008

DR. LUIS GREGORIO ALFARO VEJÉ ASesor y SUPERVISOR DE E.P.A.L.
DR. GERÓNIMO NAVARRO CHEIL ALCALDE MUNICIPAL



SECCIONES TRANVERSALES

ESC. HORIZONTAL: 1:400
ESC. VERTICAL: 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

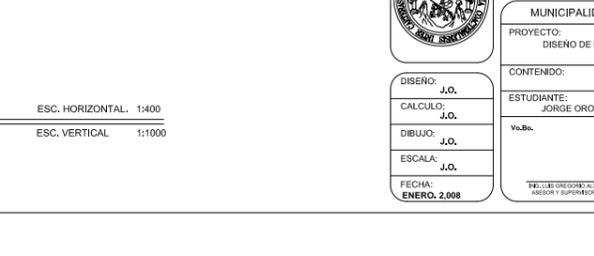
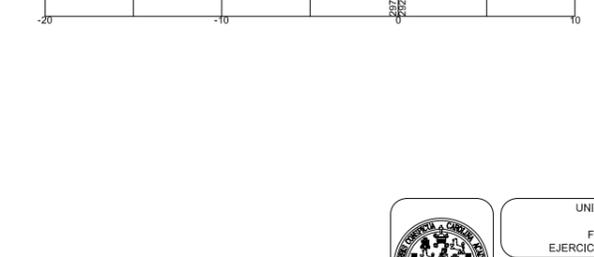
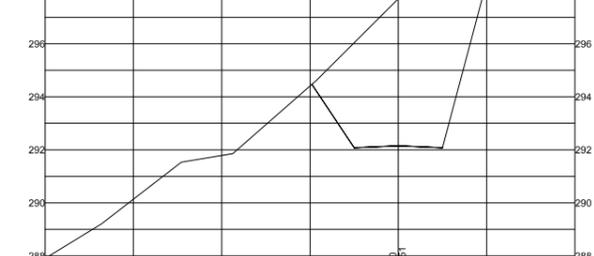
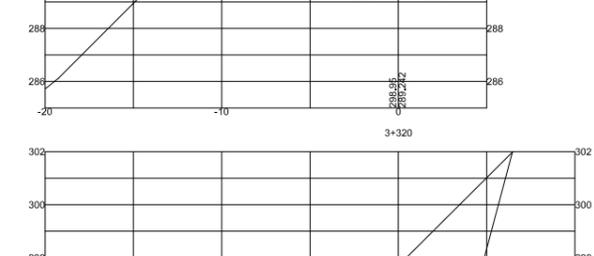
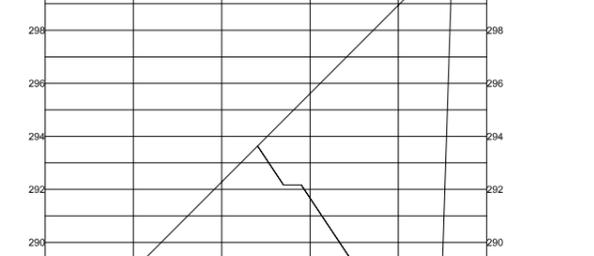
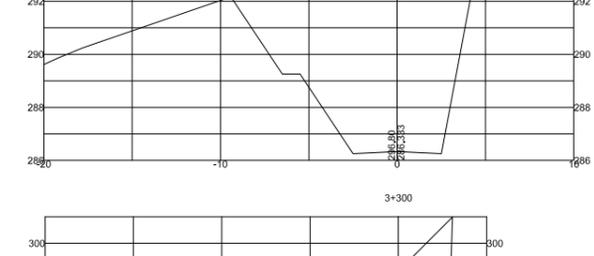
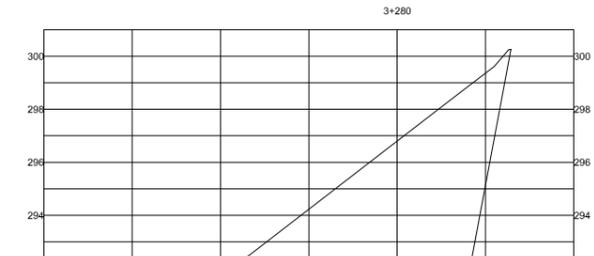
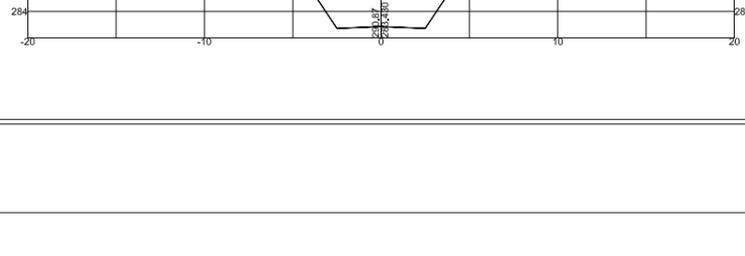
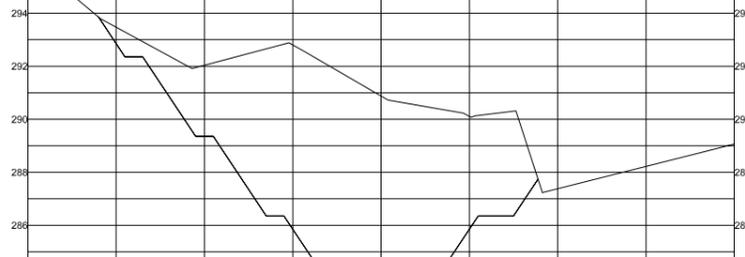
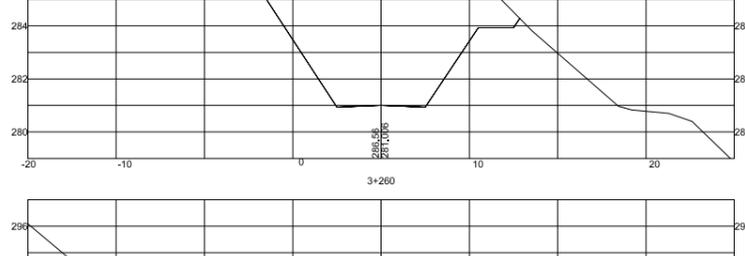
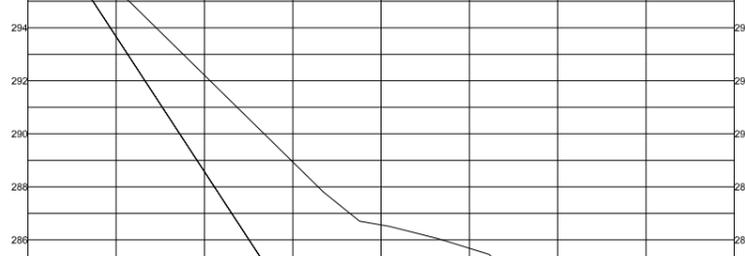
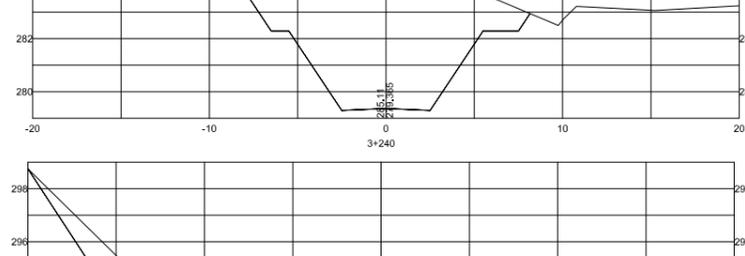
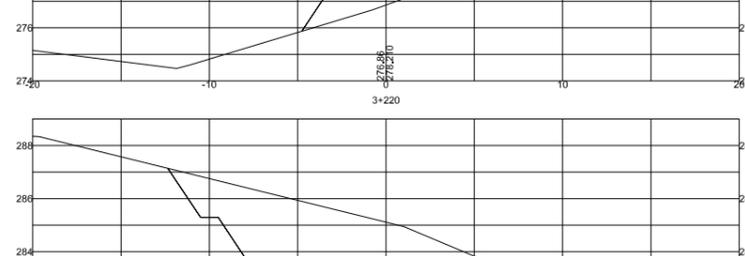
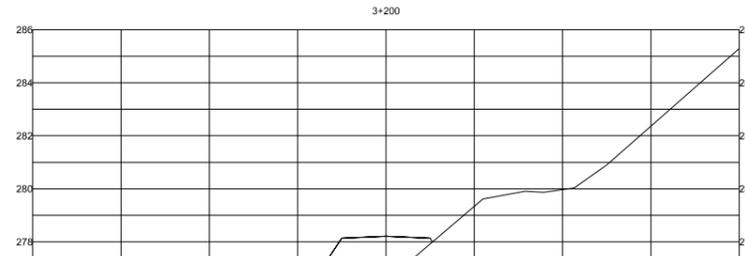
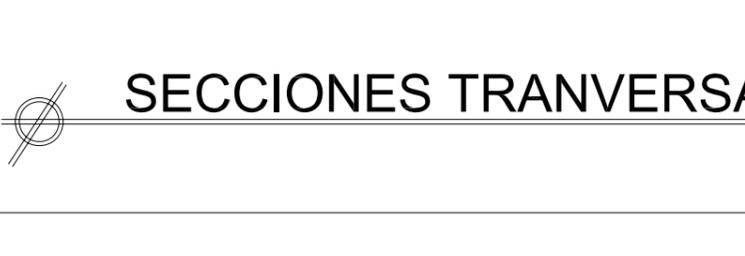
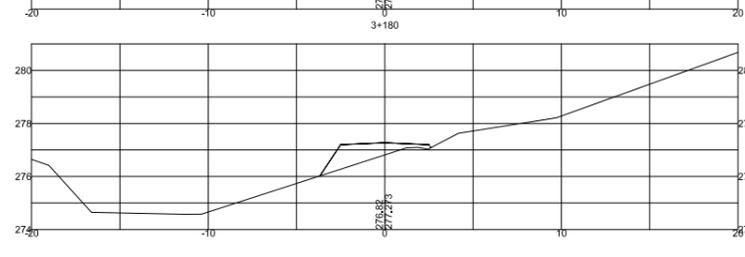
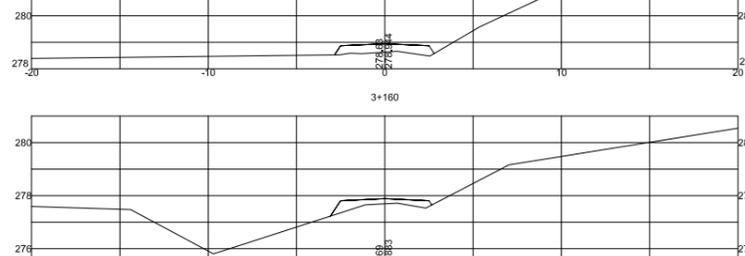
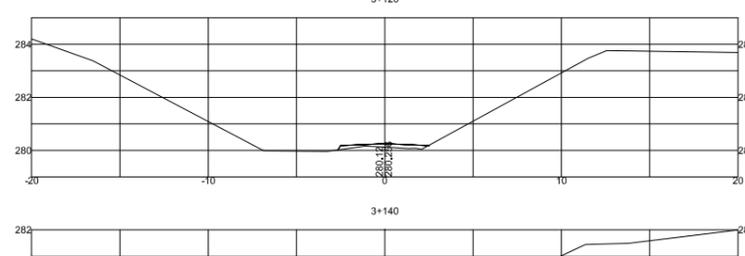
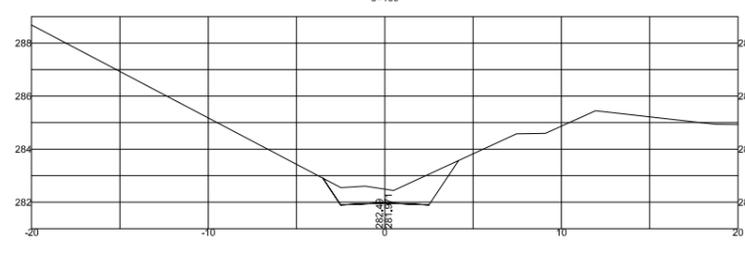
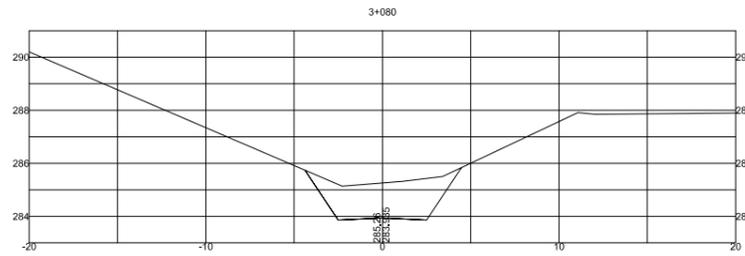
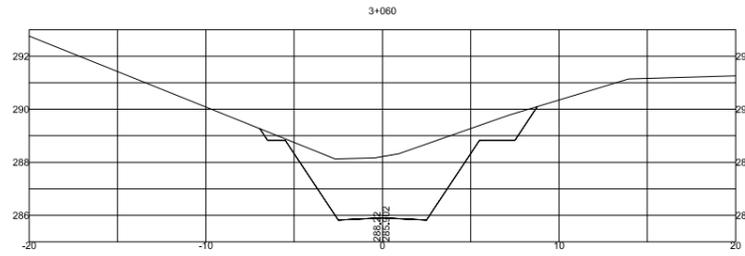
CONTENIDO: SECCIONES TRANVERSALES

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

Hoja No. 13

FECHA: ENERO, 2008

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VEJÉ ASesor Y SUPERVISOR DE E.P.A. ING. GERÓNIMO BARRERO CHEIL ALCALDE MUNICIPAL



SECCIONES TRANVERSALES

ESC. HORIZONTAL: 1:400
ESC. VERTICAL: 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUCHÁN

CONTENIDO: SECCIONES TRANVERSALES

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

Vs. Sr. HOJA

14

16

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLEZ
ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.A.
ING. JERÓNIMO BARRERO CHEIL
ALCALDE MUNICIPAL

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES:

CEMENTO HIDRÁULICO:

EL CEMENTO A UTILIZAR SERA TIPO NORMAL PERO NO SE EMPLEARA CUANDO TENGA MAS DE UN MES DE ALMACENAMIENTO, Y EL LUGAR DE ALMACENAMIENTO DEBERA GARANTIZAR LA INALTERABILIDAD. DEBE CUMPLIR CON LAS NORMAS AASHTO M 85, ASTM C 150 Ó COGUANOR NG 41005 PARA LOS CEMENTOS PORTLAND ORDINARIOS, CON UNA CLASE DE RESISTENCIA DE 28 MPA (4,000 PSI) O MAYOR. NO DEBEN MEZCLARSE CEMENTOS DE DIFERENTES TIPOS O DE DIFERENTES PLANTAS CEMENTERAS.

ARENA:

ESTARA COMPUESTA DE PARTICULAS DURAS LIBRE DE PARTICULAS ORGANICAS Y MATERIALES QUE PUEDAN REDUCIR LA RESISTENCIA Y DURABILIDAD DEL CONCRETO.

PIEDRIN:

SERA DE ROCA TRITURADA O GRAVA, EN FORMAS DE PARTICULAS DURAS Y LIMPIAS, DEBERA TENER UN MINIMO DE 1" Y UN MAXIMO DE 1 1/2".

AGUA:

DEBERA ESTAR LIMPIA Y LIBRE DE MATERIAS ORGANICAS Y MINIMA TURBIDES, Y EL VOLUMEN A EMPLEARSE DEBERA SER TAL QUE SE OBTENGA UNA MESCCLA TRABAJABLE.

ADITIVOS:

LOS ADITIVOS PARA CONCRETO SE DEBEN EMPLEAR CON LA APROBACIÓN PREVIA DEL SUPERVISOR Y DE ACUERDO A LAS INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE. DEBE DEMOSTRARSE QUE EL ADITIVO ES CAPAZ DE MANTENER ESENCIALMENTE LA MISMA COMPOSICIÓN Y RENDIMIENTO DEL CONCRETO DE LA MEZCLA BÁSICA. NO SE PERMITIRÁ EL USO DE ADITIVOS QUE CONTENGAN IONES DE CLORURO, EN NINGÚN TIPO DE CONCRETO REFORZADO O CONCRETOS QUE CONTENGAN ELEMENTOS GALVANIZADOS O DE ALUMINIO.

CALIDAD Y RESISTENCIA:

EL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS, DEBE SER COMO MÍNIMO CLASE 24.5 (3,500) CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AASHTO T 22 (ASTM C 39), PROMEDIO MÍNIMA DE 24.5 MPA (3,500 PSI) Y UNA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN AASHTO T 97 (ASTM C 78) DETERMINADAS SOBRE ESPECÍMENES PREPARADOS SEGÚN AASHTO T 126 (ASTM C 192) Y T 23 (ASTM C 31), ENSAYADOS A LOS 28 DÍAS. EN NINGÚN CASO, EL NÚMERO DE MUESTRAS SERÁ MENOR QUE UNA (1) POR DÍA O UNA POR CADA CIENTO VEINTE METROS CÚBICOS (120 M³) DE CONCRETO COLOCADO DIARIAMENTE Y NO MENOS DE UNA (1) POR CADA 500 M² DE SUPERFICIE DE LOSA.

CURADO:

EL CONCRETO RECIENTE VERTIDO DEBERA PROTEGERSE DEL SOL, Y MANTENERLO HUMEDO POR LOMENOS 21 DIAS DESPUES DE SU COLOCACION:

EXCAVACION:

LA EXCAVACION SE HARA A MANO HASTA EL NIVEL INDICADO EN PLANOS, Y SE NOTIFICARA AL SUPERVISOR, POR AREAS SUAVES AGUA U OTRAS SITUACIONES SIMILARES.

JUNTAS Y SELLO:

TODAS LAS JUNTAS DEBEN CONSTRUIRSE CON LAS CARAS PERPENDICULARES A LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO Y DEBEN PROTEGERSE CONTRA LA PENETRACIÓN EN LAS MISMAS, DE MATERIALES EXTRAÑOS PERJUDICIALES, HASTA EL MOMENTO EN QUE SEAN SELLADAS. LAS JUNTAS DEBERAN SELLARSE CON MATERIAL CLASTOPLASTICO TIPO SIKA O LIQUIDO ASFALTICO Y TAMBIEN SE CONSTRUIRA CONFORME A DETALLES EN PLANOS.

BORDILLO:

SE FUNDIRA EN SITU, ARMADO SEGUN DETALLE Y TALLADO EN AMBOS LADOS.

BASE:

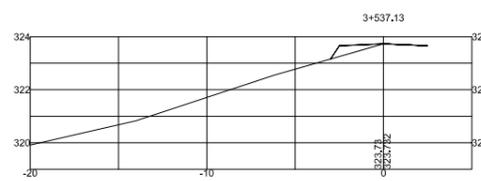
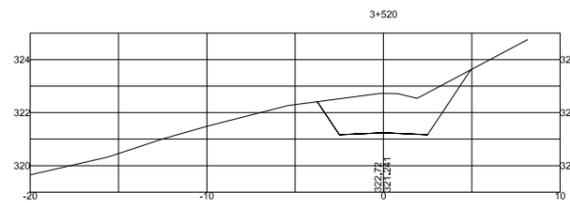
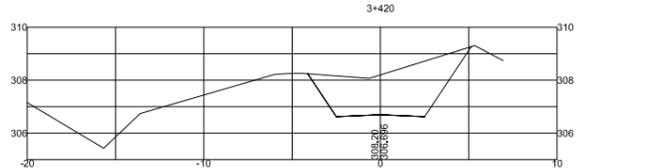
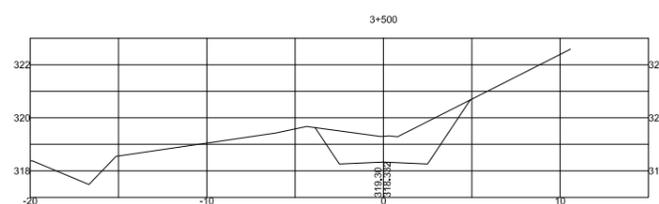
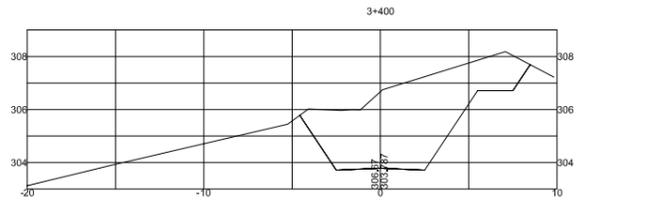
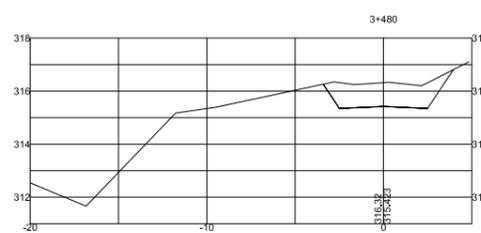
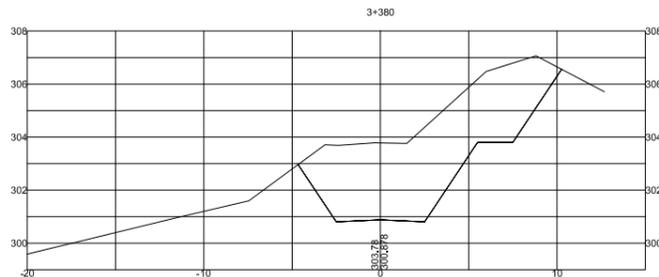
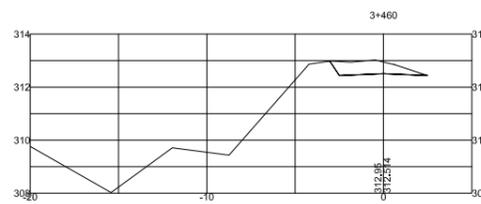
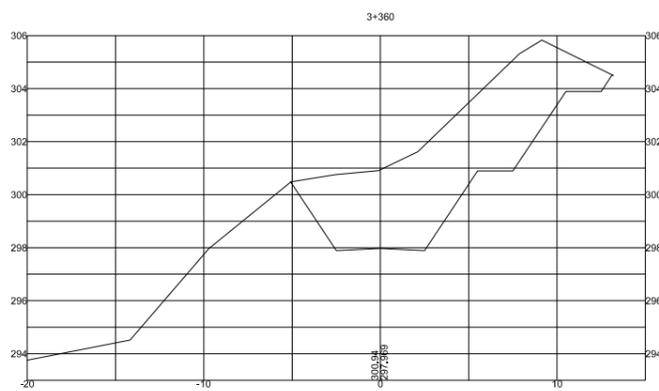
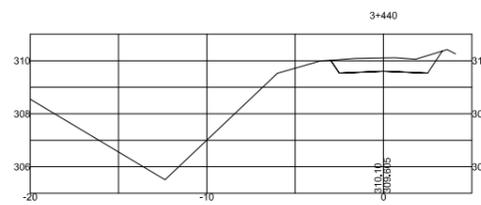
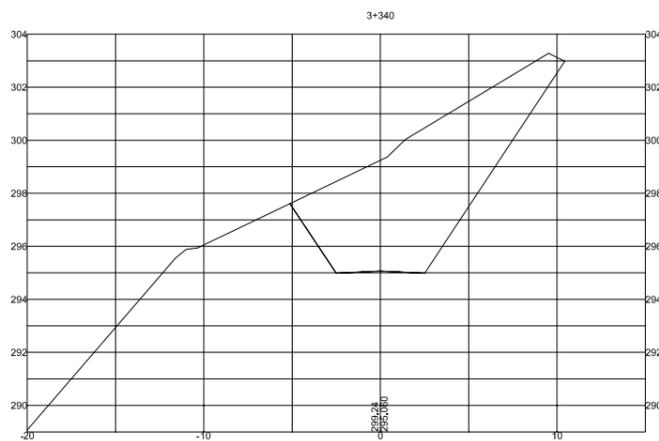
MATERIAL SELECTO CON ESPESOR DE 0.15 MT. YA COMPACTADO, MANTENERLO HUMEDO HASTA LA FUNDICION, EL MATERIAL SERA GRANULADO NO PLASTICO Y SE DEBERA RETIRARSE LAS PIEDRAS MAYORES DE 3.5 cms. RAICES, ETC.

SUB BASE:

MATERIAL SUELTO DEBERA COMPACTARSE Y HUMEDECERSE ANTES DE COLOCARSE EL SELECTO O BASE QUE CUMPLA EN ESPECIFICACIONES

ASENTAMIENTO:

ASENTAMIENTO MINIMO SERA DE 20mm AASTHO T-119
ASENTAMIENTO MAXIMO SERA DE 30mm AASTHO T-119



SECCIONES TRANSVERSALES

ESC. HORIZONTAL 1:400
ESC. VERTICAL 1:1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO ALDEA TUICHÁN

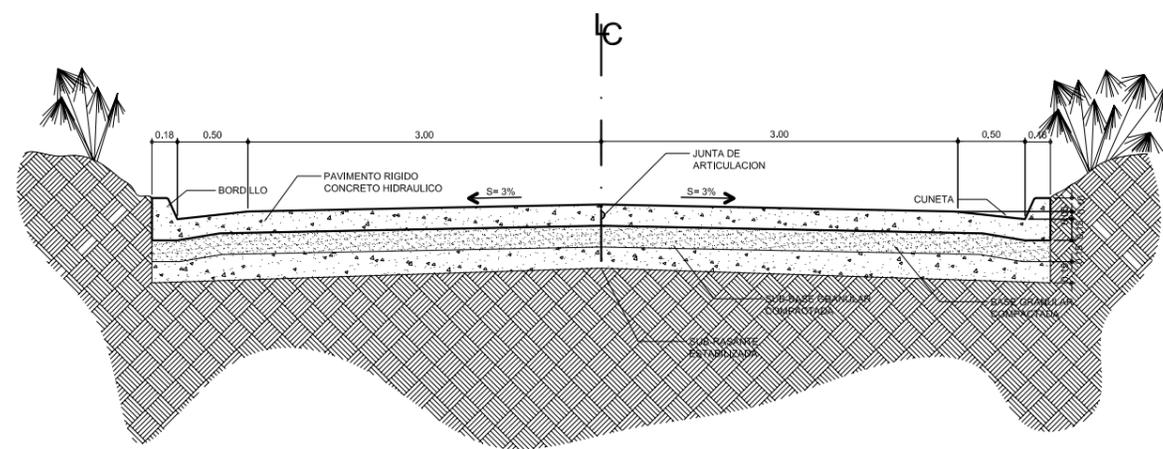
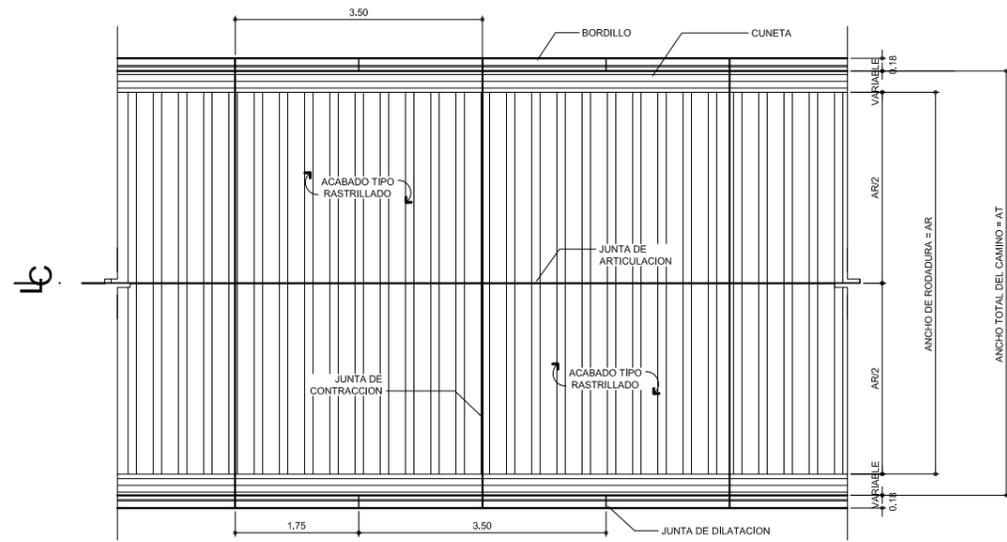
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

Hoja: 15

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VEJÉ
ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.J.
ING. GERÓNIMO BARRERO CHEIL
ALCALDE MUNICIPAL
16



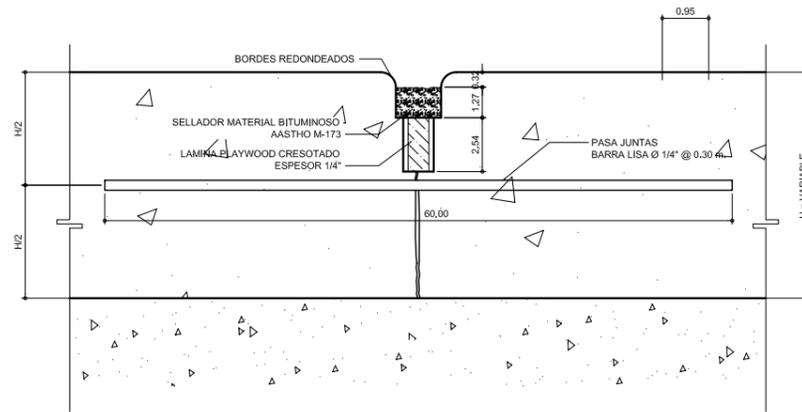
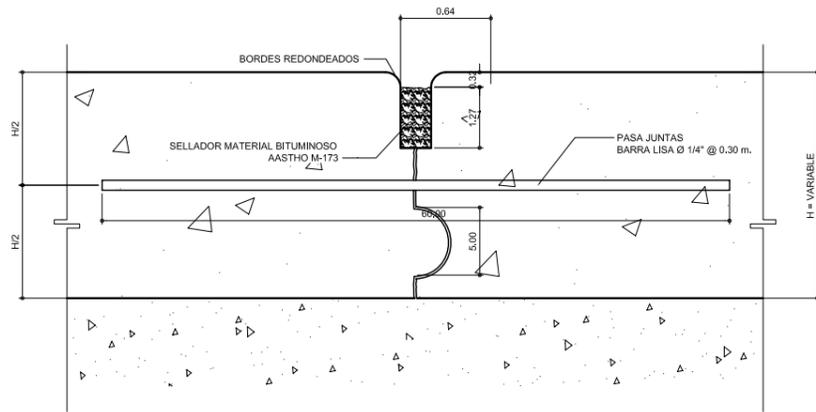
PLANTA

SECCION TIPICA ACCESO VEHICULAR

JUNTAS DE CONTRACCION Y ARTICULACION

ESCALA: 1:50

ESCALA: 1:25



DETALLE JUNTA DE DOVELA

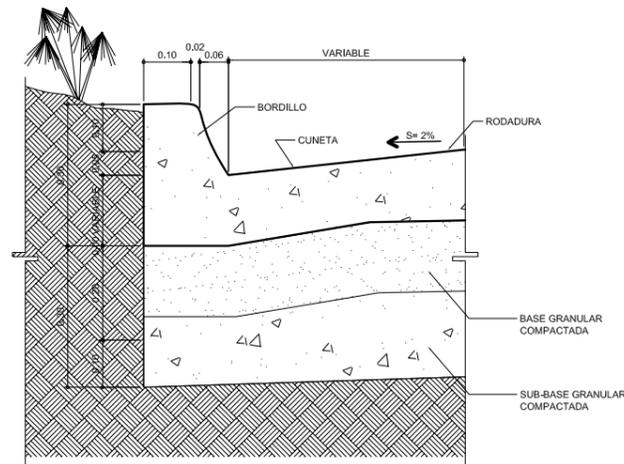
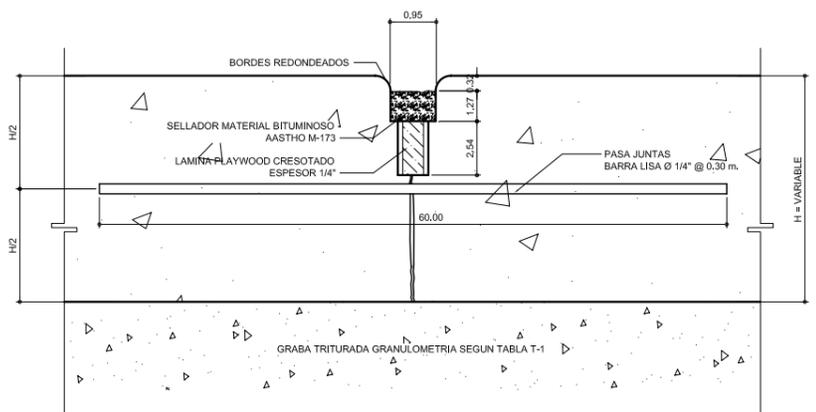
DETALLE JUNTA DE DOVELA

EN SENTIDO LONGITUDINAL AL CAMINAMIENTO; LONGITUD 3.50 METROS
DIMENSIONES EN CENTIMETROS

EN SENTIDO TRANSVERSAL AL CAMINAMIENTO DE LONGITUD VARIABLE "AR" Y A CADA 3.50 METROS
DIMENSIONES EN CENTIMETROS

NOTAS:

- 1.- TODO EL CONCRETO A UTILIZAR TENDRA UNA RESISTENCIA A COMPRESION A LOS 28 DIAS DE 280 Kg/cm², MODULO DE RUPTURA 45 Kg/cm²
- 2.- LOS BORDILLOS, CUNETETA Y PAVIMENTO SE FUNDIRAN MONOLITICAMENTE DEJANDO LAS JUNTAS DE CONTRACCION Y DILATACION A CADA 3.50 METROS
- 3.- LA CARPETA TENDRA UN ACABADO RASTRILLADO (EFECTUARSE ANTES DEL FRAGUADO 20 O 30 MINUTOS DESPUES DE FUNDIR LA PLANCHA)
- 4.- LA BASE DE GRABA TRITURADA SE DEBERA TENDER GUARDANDO EL BOMBEO DE DISEÑO Y COMPACTANDO CON EQUIPO MECANICO
- 5.- LA BASE EXISTENTE SE DEBERA CONFORMAR PARA DAR EL BOMBEO DE DISEÑO POSTERIORMENTE SE DEBERA HUMEDECER Y COMPACTAR CON RODILLO VIBROCOMPACTADOR HASTA ALCANZAR UNA DENSIDAD MAXIMA DEL 95% SEGUN PRUEBA AASTHO T-99 (PROCTOR ESTANDAR)



DETALLE JUNTA DE DOVELA

DETALLE BORDILLO Y CUNETETA

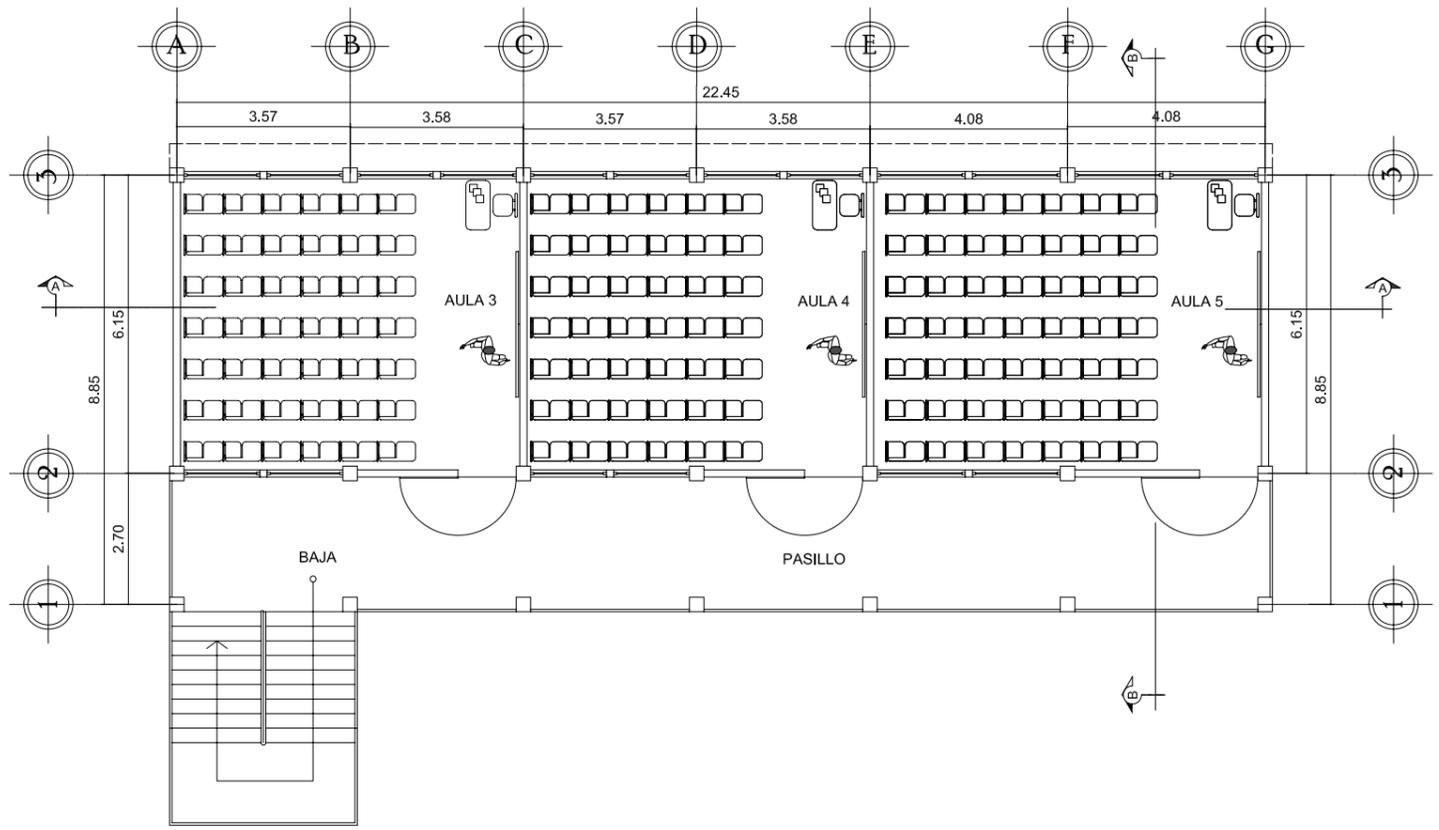
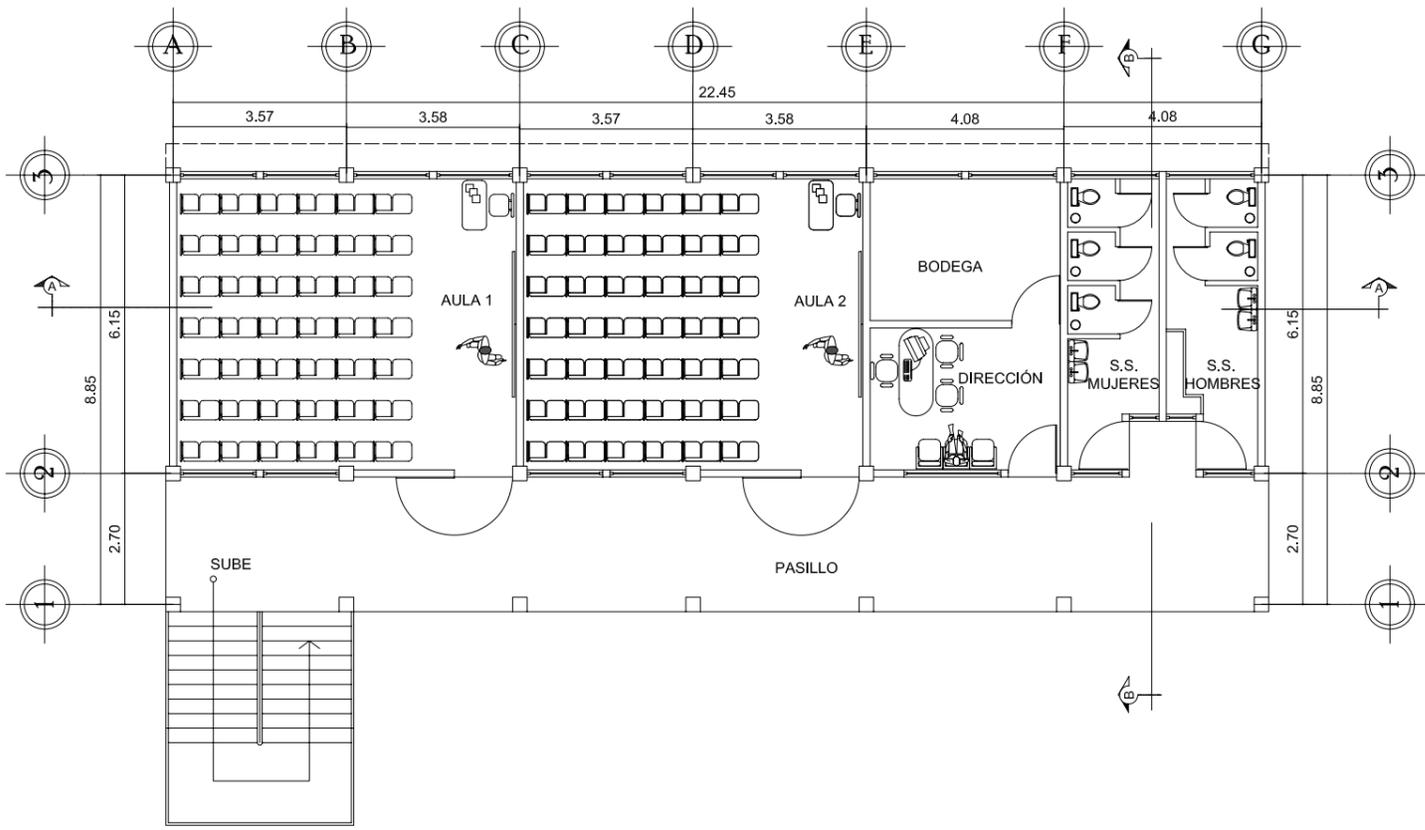
CUANDO SE INTERRUMPA LA FUNDICION DE PLANCHAS Y SE NECESITE UNIR CONCRETO NUEVO CON VIEJO EN AMBOS SENTIDOS (CONTRACCION O ARTICULACION)
DIMENSIONES EN CENTIMETROS

CONSTRUIDOS MONOLITICAMENTE

ESCALA: S.E.

ESCALA: 1:7.5

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTOBAL IXCHIGUÁN PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO EN ALDEA TUICHÁN	
DISEÑO: J.O. CALCULO: J.O. DIBUJO: J.O. ESCALA: INDICADA	ESTUDIANTE: JORGE OROZCO Vo.Bo.	CARNET: 2001-12816 HOJA 16
FECHA: ENERO, 2, 008	HOJA 16	



PLANTA BAJA

Amueblada

ESC. 1:130

PLANTA ALTA

Amueblada

ESC. 1:130



INDICA SECCION LONGITUDINAL
O TRANSVERSAL.



INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO

N.P.T.
0+0.00



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

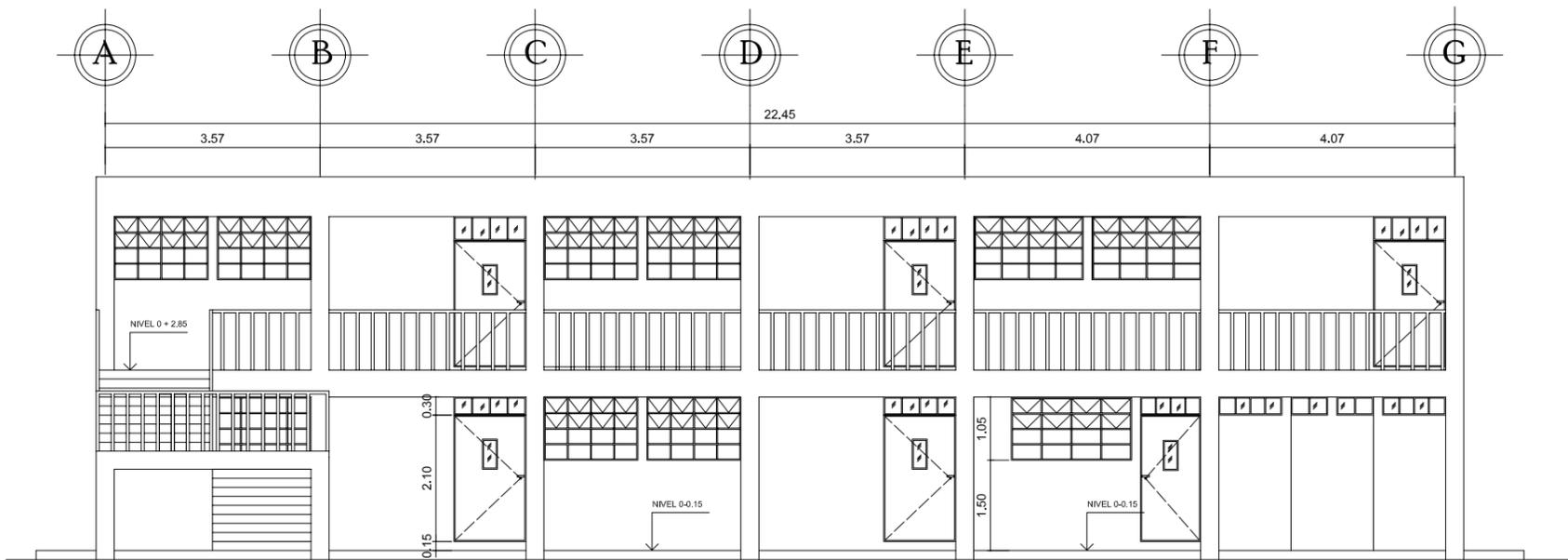
MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

CONTENIDO: **PLANTA ANUEBLADA**
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

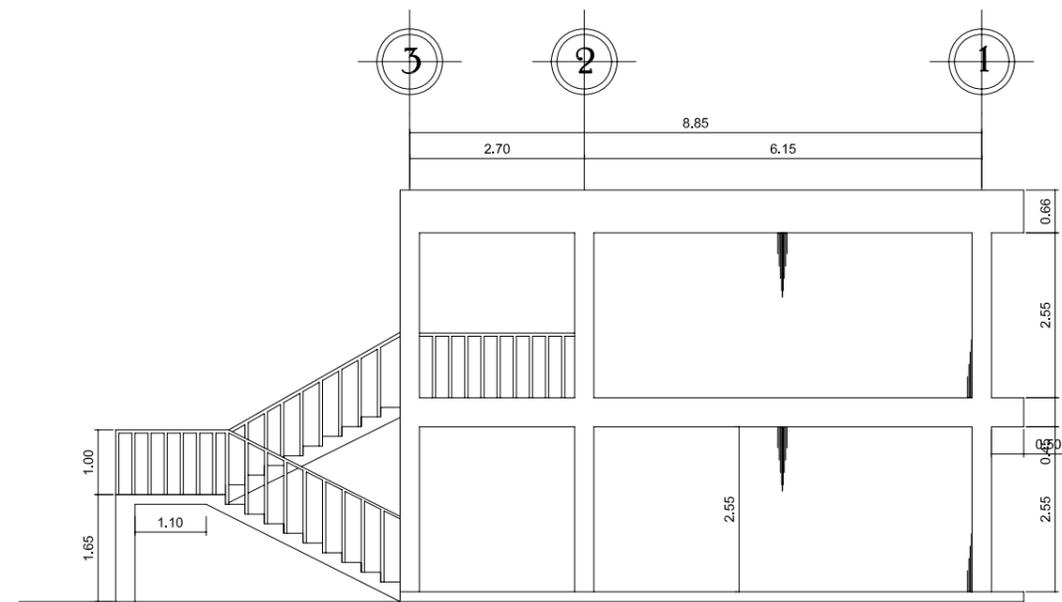
HOJA	
Arquitectura	General
1/5	1/13

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZ ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.S. Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHIEL ALCALDE MUNICIPAL.



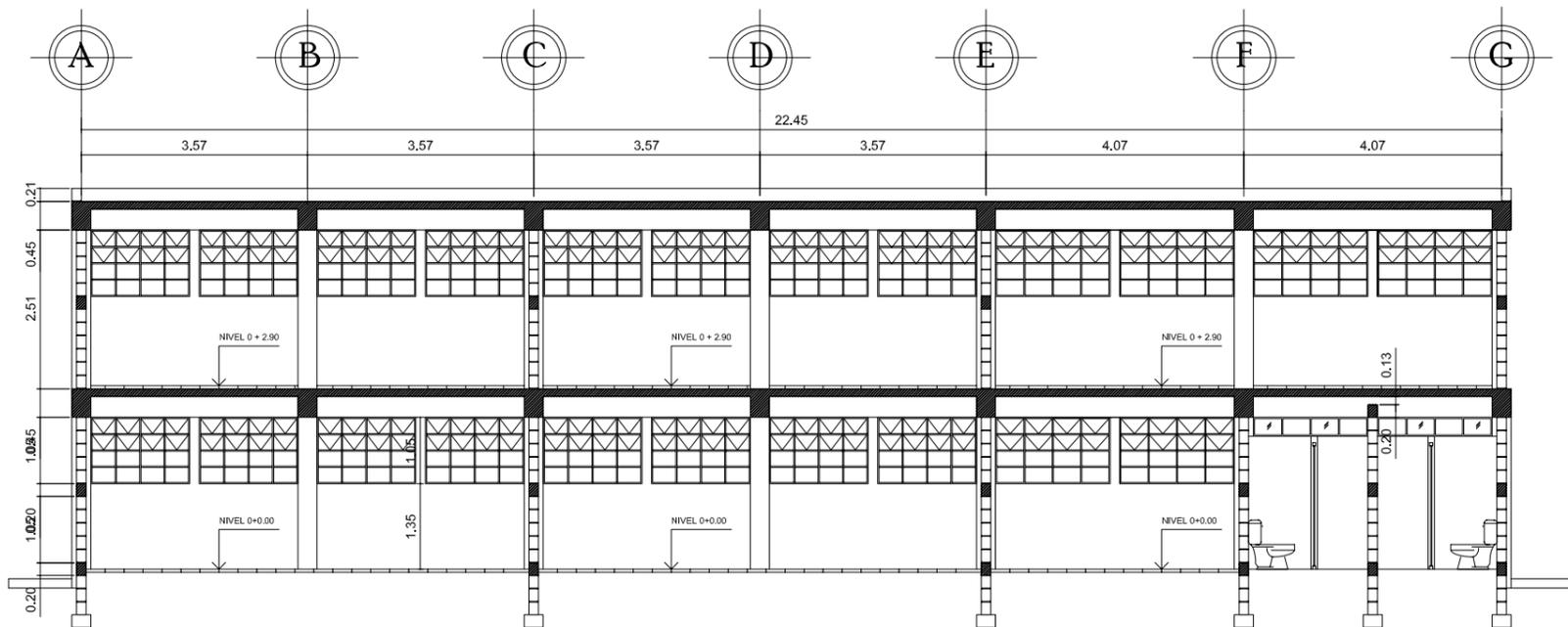
ELEVACION FRONTAL

ESC. 1:130



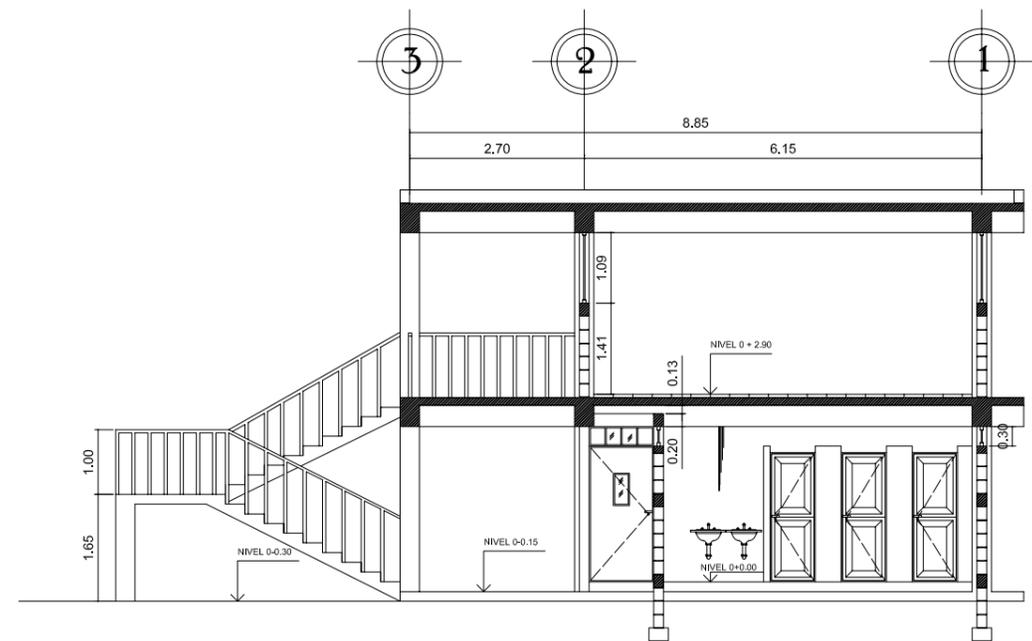
ELEVACION LATERAL

ESC. 1:130



CORTE A-A'

ESC. 1:130



CORTE B-B'

ESC. 1:130



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

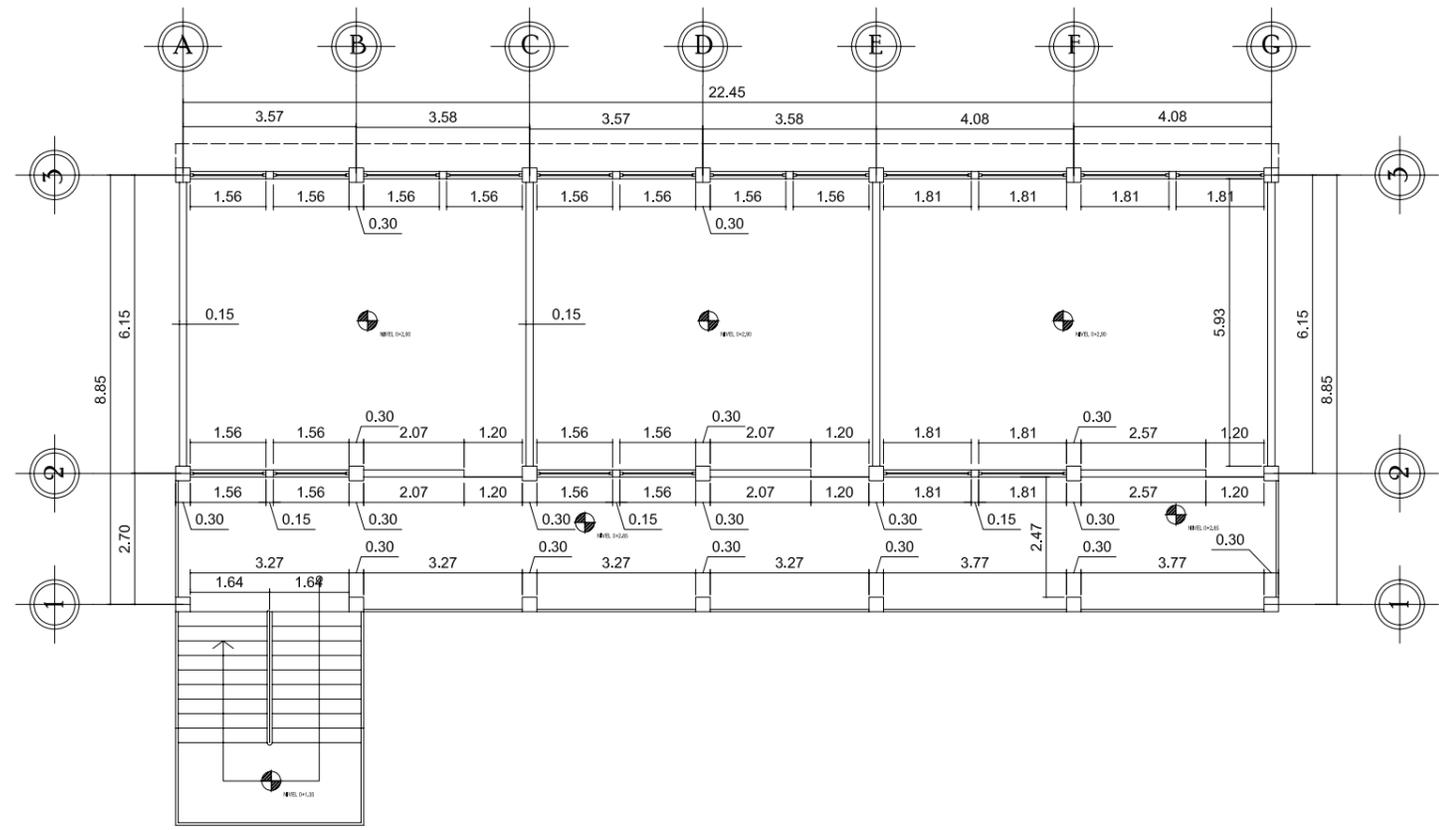
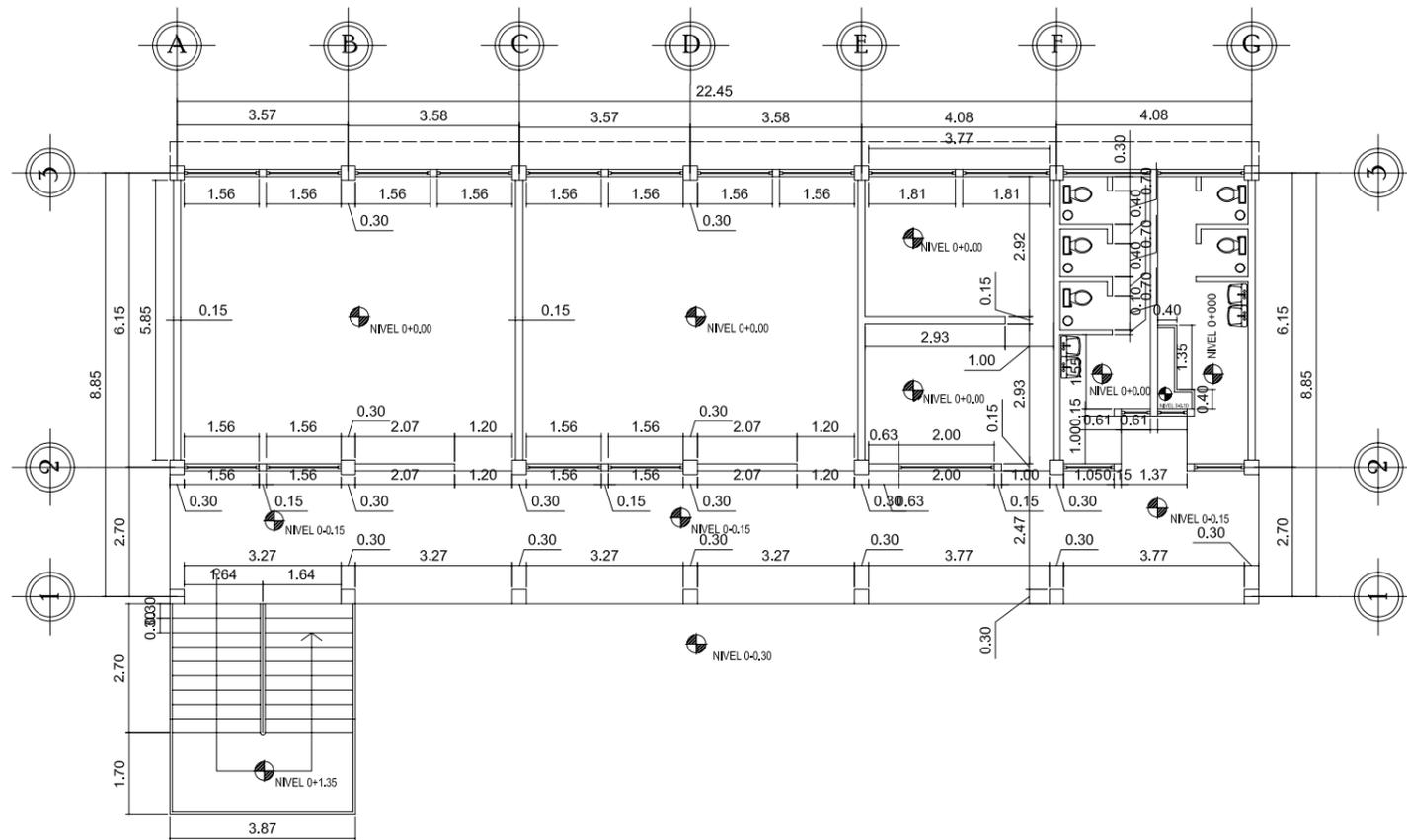
MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

CONTENIDO:
ELEVACIONES + SECCIONES
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

HOJA	
Arquitectura	General
2/5	2/13

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZ ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.S.
Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHIEL ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA BAJA
Amueblada

ESC. 1:130

PLANTA ALTA
Amueblada

ESC. 1:130

 INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
N.P.T.
0+0.00

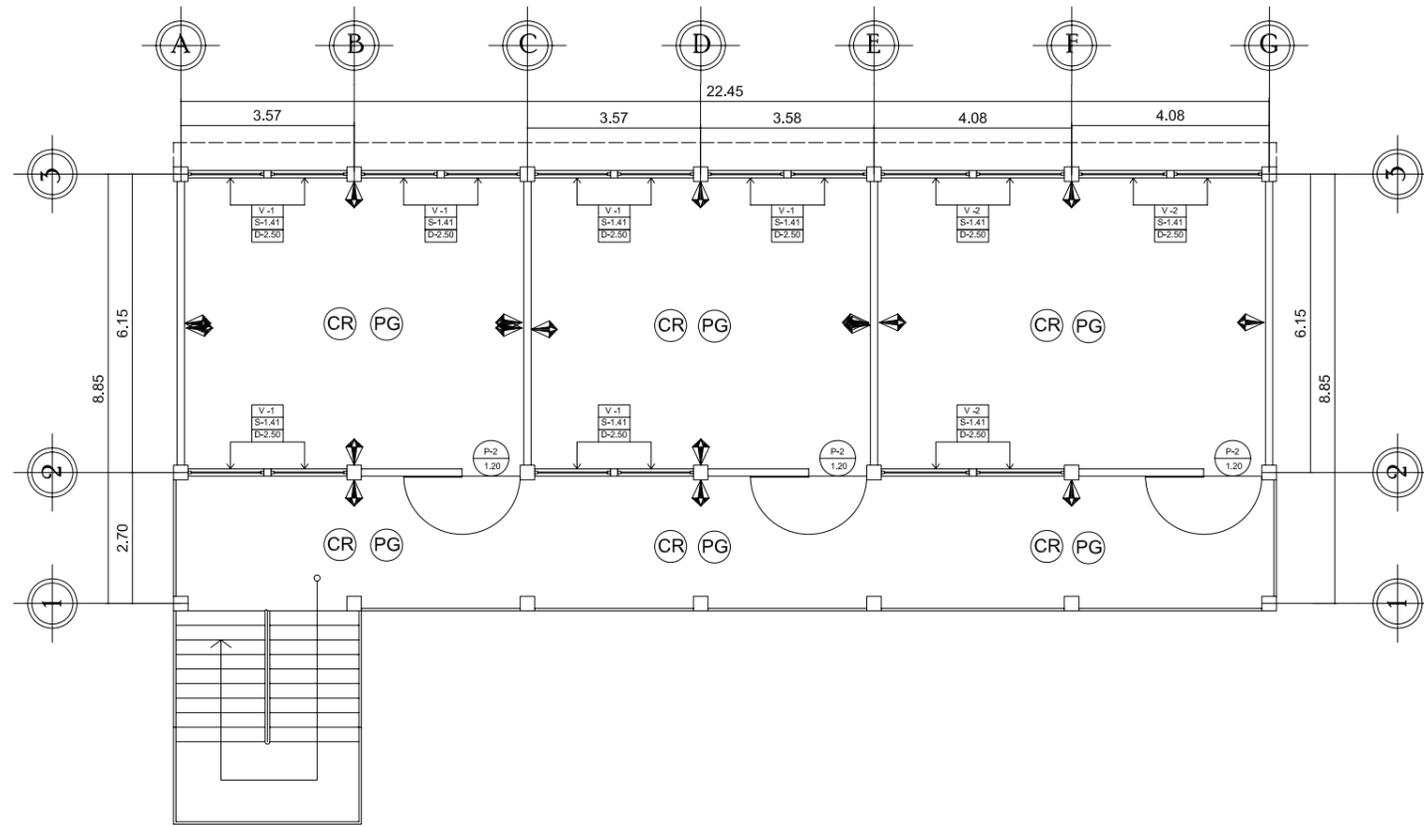
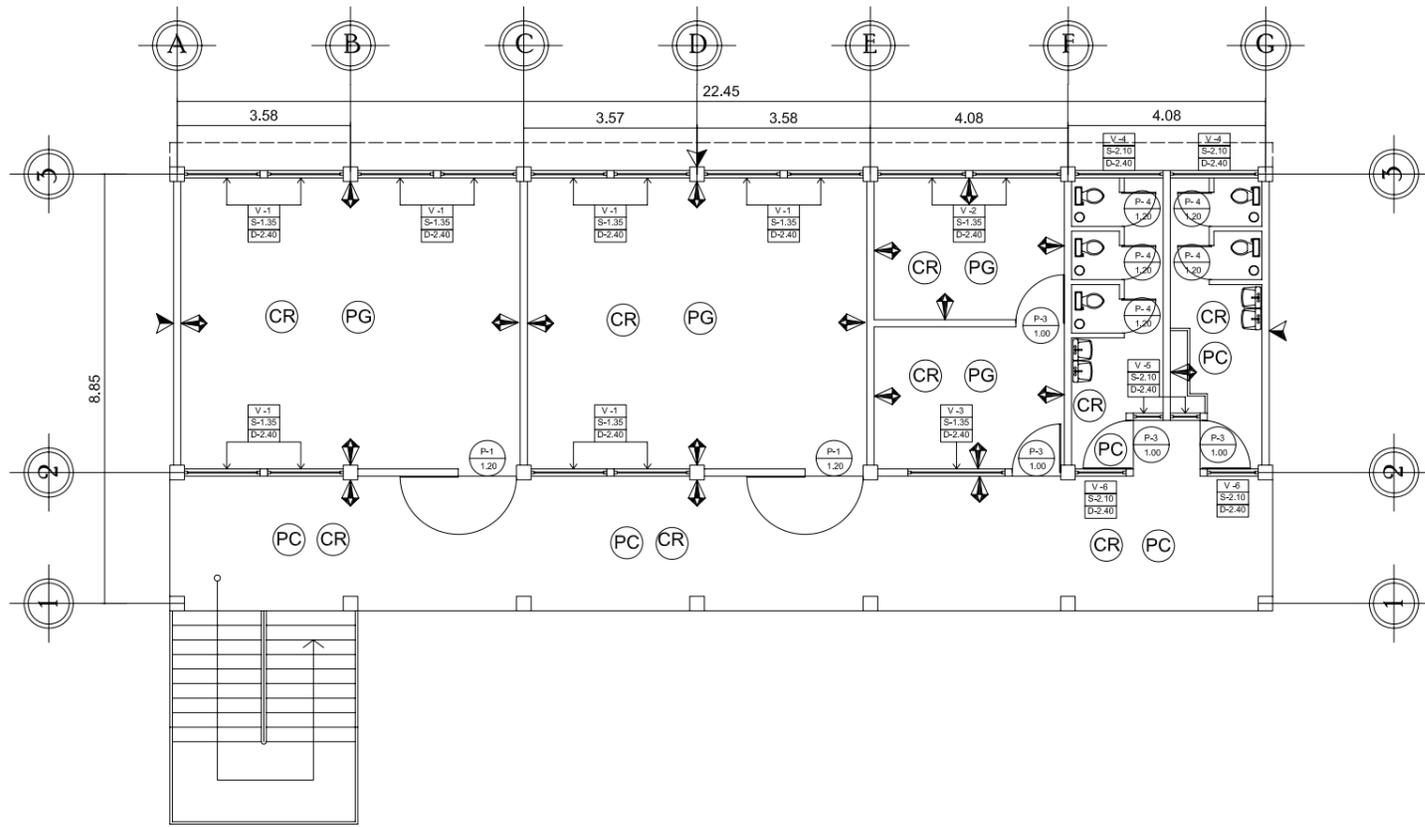


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA:
ENERO, 2008

CONTENIDO:
PLANTA ACOTADA
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616
HOJA
Arquitectura General
3 / 3
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZ
ABSOBY SUPERVISOR DE E.P.S.
Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHIEL
ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA BAJA

Acabados

ESC. 1:130

PLANTA ALTA

Acabados

ESC. 1:130

ESPECIFICACIONES

NOMENCLATURA (Acabados)	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	INDICA REPELLO + CERNIDO RUSTICO
	INDICA REPELLO + CERNIDO
	INDICA PISO IMITACION DE GRANITO
	INDICA EN CIELO REPELLO + CERMIDO REMOLINEADO
	INDICA PISO DE CONCRETO
	INDICA GRAMA
	INDICA TIPO DE VENTANA
	INDICA TIPO DE PUERTA

PUERTAS DE METAL:

No se aceptarán las puertas si al medir las diagonales estas difieren en mas de 6.35 mm. (1/4"). Antes de colocarse el marco de la puerta, deberan calafatearse las mochetas y dinteles.

CERRADURAS:

Los lugares de colocación por lo general estan indicados en planta según abatimiento de puertas, usando chapa marca Yale.

VENTANERIA DE METAL + VIDRIO

MATERIALES:

Todos los vidrios serán de tipo claro clase A de 5mm. de espesor. No se aceptarán vidrios rotos y los marcos de las ventanas serán de tubo cuadrado de 1" x 1".

PISO EXTERIOR(BANQUETA)

Planchas de concreto fundidas in situ con espesor mínimo de 0.075 mts. con acabado de cernido + pendiente de bombeo mínima de 2%.

SILLARES Y CENEFAS:

Seran armados y fundidos in situ con acabado de cernido vertical.

CIELO:

Sera de losa tradicional armados y fundidos in situ con acabado final de cernido.

PAREDES:

Block pomez de 0.15*0.20*0.40 mts.unido con sabieta en proporcion 1:3

(cemento, arena de rio) con acabado de repello + cernido vertical + pintura y color a definir.

PISO INTERIOR:

Piso imitacion de granito de 0.30 x 0.30 mts. colocado sobre una base

(cemento, arena de rio)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

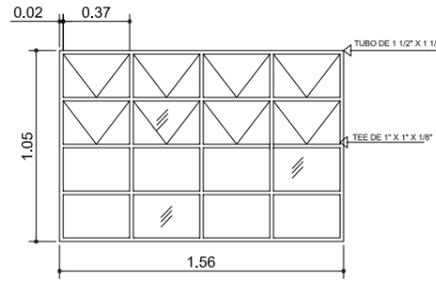
CONTENIDO: **PLANTA DE ACABADOS**

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

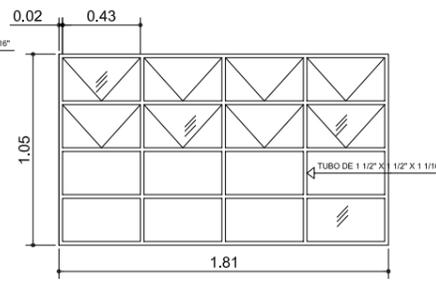
DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

HOJA
Arquitecto General
4 / 4
5 / 13

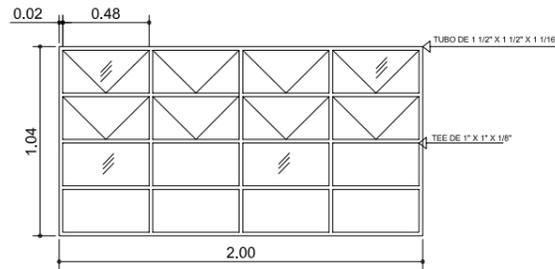
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLEZ
ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.S.
Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHIEL
ALCALDE MUNICIPAL



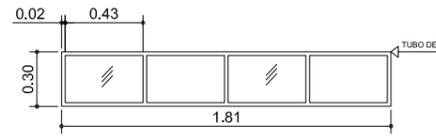
VENTANA TIPO 1
ESC. 1:40



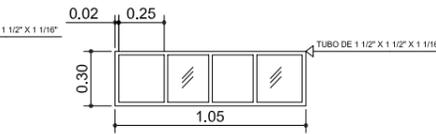
VENTANA TIPO 2
ESC. 1:40



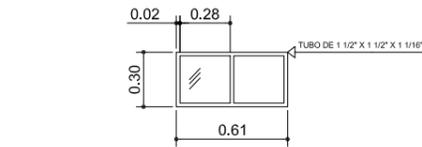
VENTANA TIPO 3
ESC. 1:40



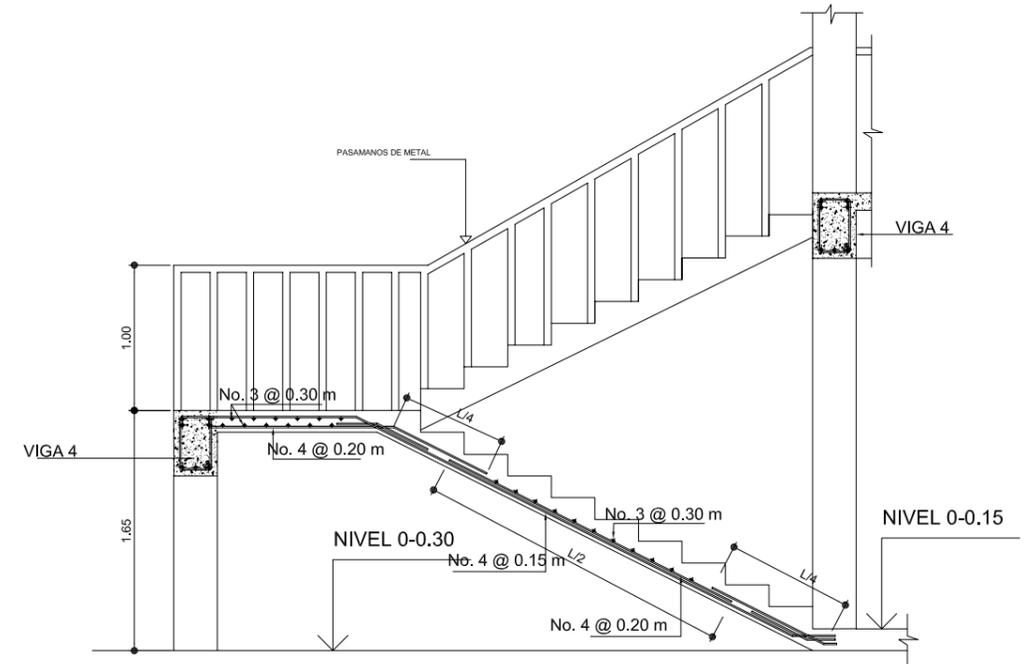
VENTANA TIPO 4
ESC. 1:40



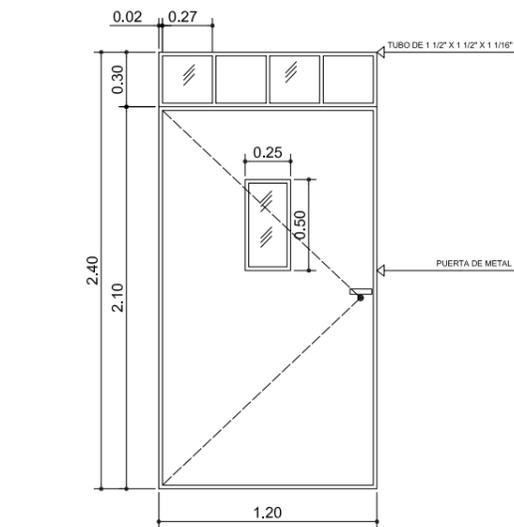
VENTANA TIPO 5
ESC. 1:40



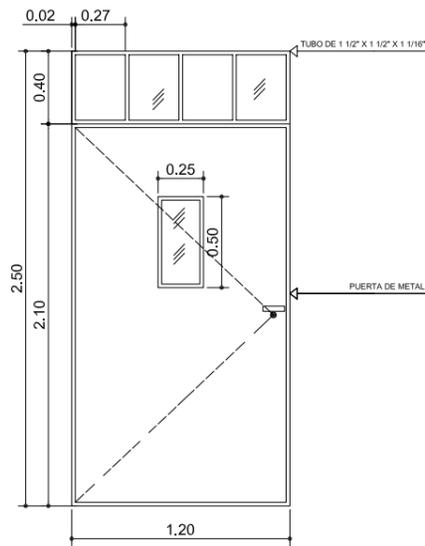
VENTANA TIPO 6
ESC. 1:40



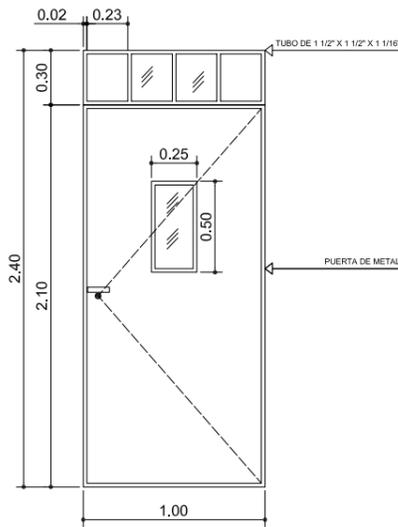
DETALLE DE GRADAS
ESC. 1:50



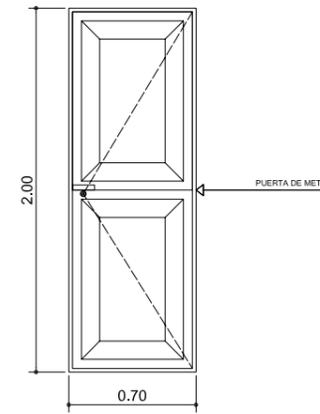
PUERTA TIPO 1
ESC. 1:40



PUERTA TIPO 2
ESC. 1:40



PUERTA TIPO 3
ESC. 1:40



PUERTA TIPO 4
ESC. 1:40

PLANILLA DE VENTANAS							
TIPO	SILLAR	DINTEL	ANCHO	ALTO	UNIDAD	Mts2	MATERIAL
V-1	1.35	2.40	1.56	1.05	24	39.31	MARCO DE ALUMINIO + VIDRIO CLARO DE 0.03 mm. DE ESPESOR
V-2	1.35	2.40	1.81	1.05	8	15.20	
V-3	1.35	2.40	2.00	1.05	1	2.10	
V-4	2.10	2.40	1.81	0.30	2	1.09	
V-5	2.10	2.40	1.05	0.30	2	0.63	
V-6	2.10	2.40	0.61	0.30	2	0.37	

PLANILLA DE PUERTAS						
TIPO	ALTO	ANCHO	SOBRE LUZ	UNIDAD	Mts2	MATERIAL
P-1	2.10	1.20	0.20	2	5.76	METAL
P-2	2.10	1.20	0.30	3	6.00	
P-3	2.10	1.00	0.20	4	9.60	
P-4	2.00	0.70	0.00	5	7.00	



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN

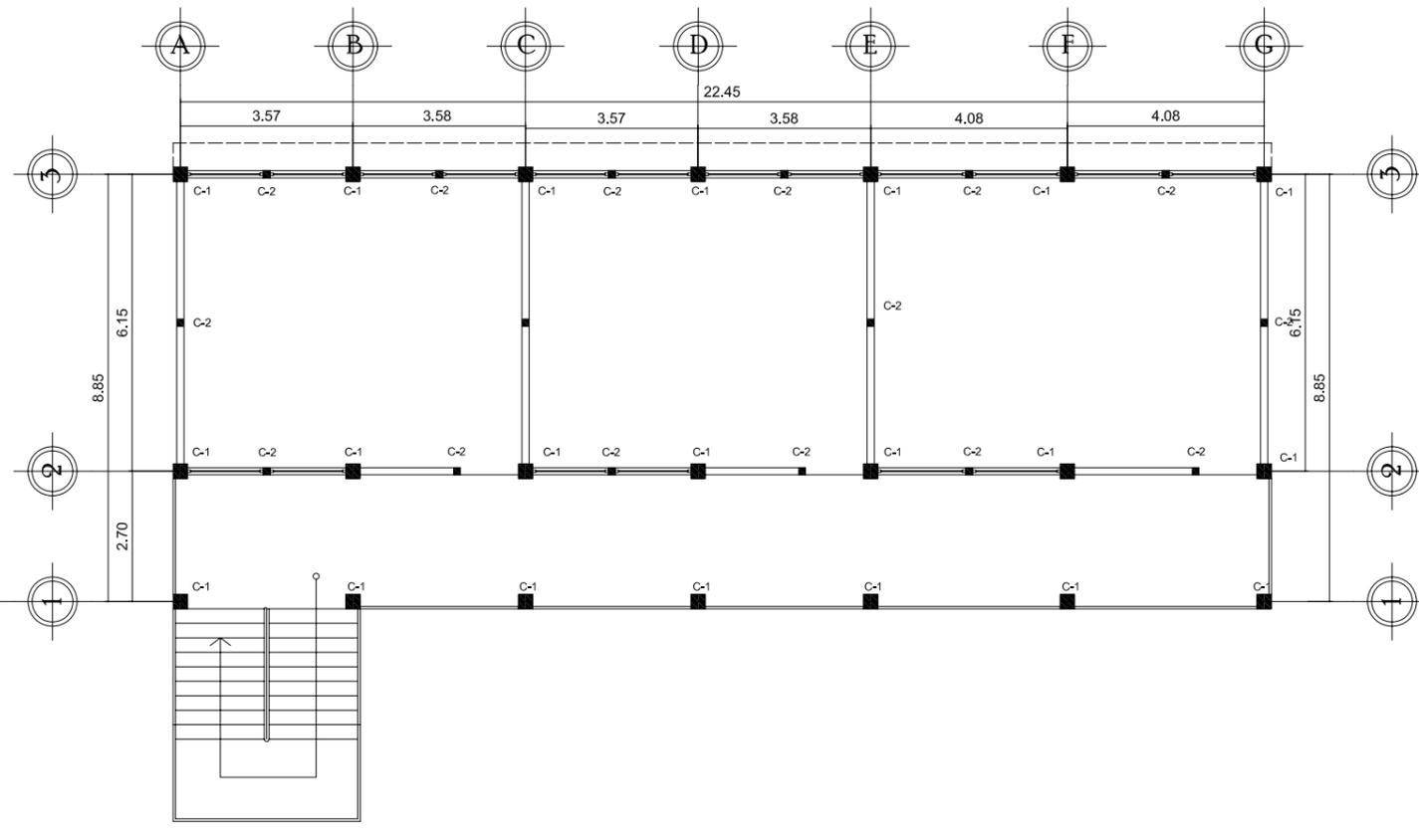
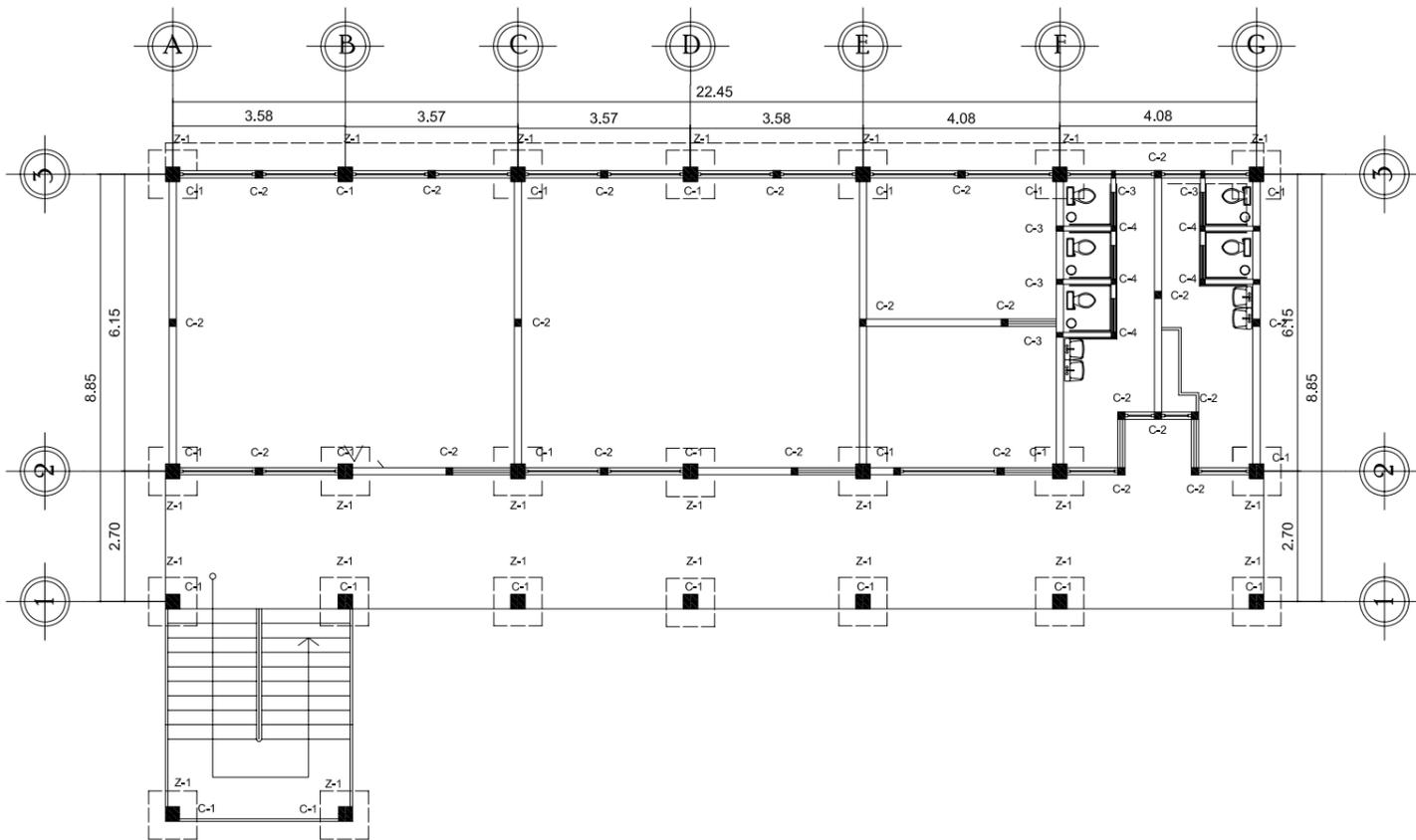
PROYECTO: DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

CONTENIDO: DETALLE DE PUERTAS Y VENTANAS

ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

FECHA: ENERO, 2008

HOJA	5	5
	5	13



PLANTA BAJA
Cimientos y columnas

ESC. 1:130

PLANTA ALTA
Cimientos y columnas

ESC. 1:130

ESPECIFICACIONES :

- CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- ACERO $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
- CARGA VIVA: 500 kg/m^2 . (ENTREPISO)
- CARGA VIVA: 550 kg/m^2 . (PASILLO)
- CARGA VIVA: 100 kg/m^2 . (TECHO SIN ACCESO)
- ESPESOR DE LOSA PISO $t=0.20\text{MT}$.

NOTAS:

INDICA CIMIENTO TIPICO $b=0.40\text{MT}$.

RECUBRIMIENTOS MINIMOS : ANCLAJES:

-ESTRUCTURAS FUNDIDAS DIRECTAMENTE CONTRA EL SUELO	-----0.08 MTS.	3	0.30
-LOSAS	-----0.02 MTS.	4	0.40
		5	0.50
		6	0.60



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

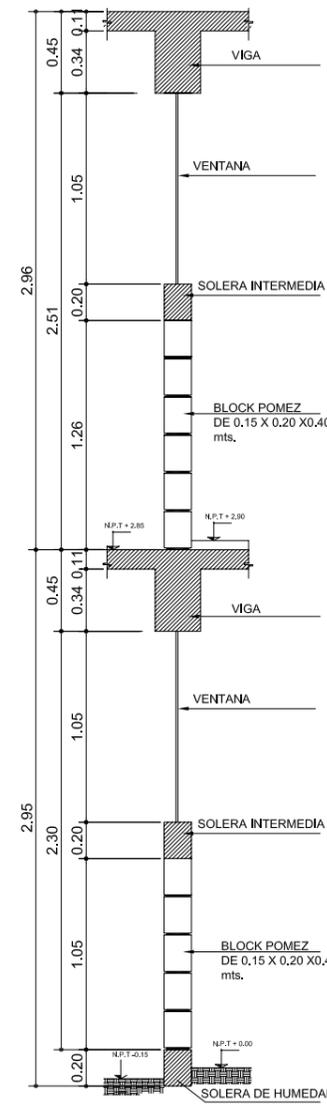
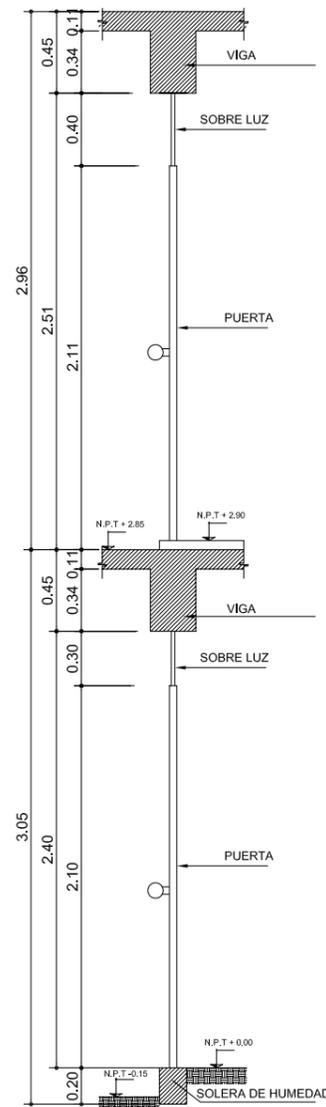
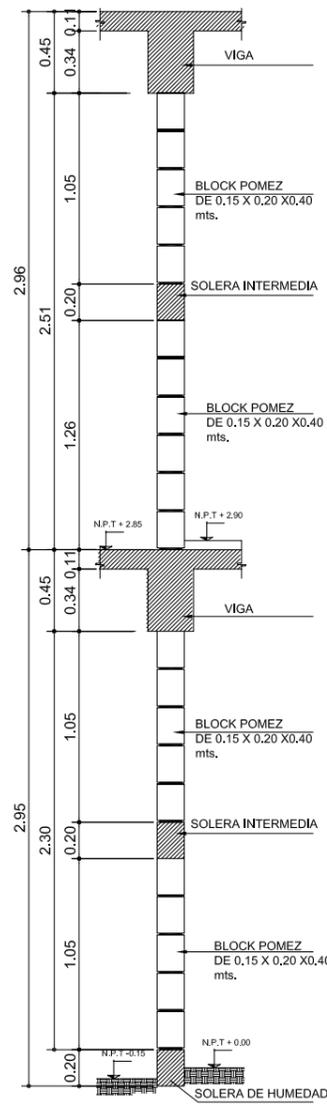
MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

CONTENIDO: **PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNAS**
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

HOJA	
Estructural	General
1/4	6/13

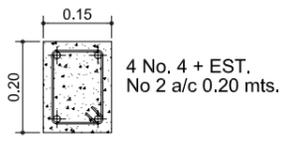
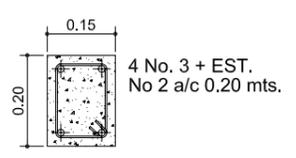
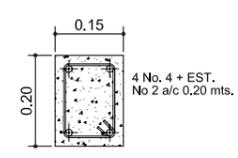
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZ ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.S.
Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHIEL ALCALDE MUNICIPAL



DETALLE ESC. 1:40
De muro típico

DETALLE ESC. 1:40
De muro típico en puertas

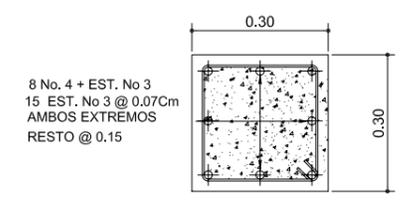
DETALLE ESC. 1:40
De muro típico en ventanas



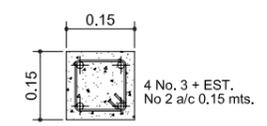
DETALLE ESC. 1:25
Solera hidrófuga

DETALLE ESC. 1:25
Solera intermedia

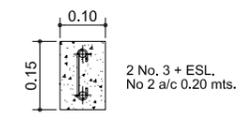
DETALLE ESC. 1:25
Solera final



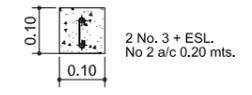
DETALLE ESC. 1:25
Columna tipo 1



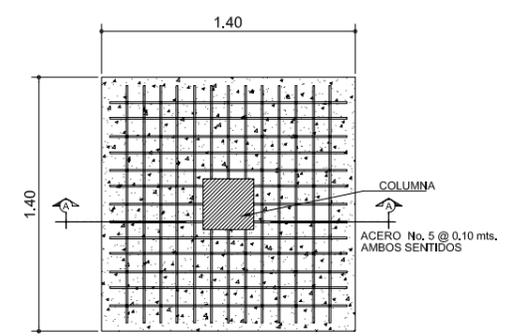
DETALLE ESC. 1:25
Columna tipo 2



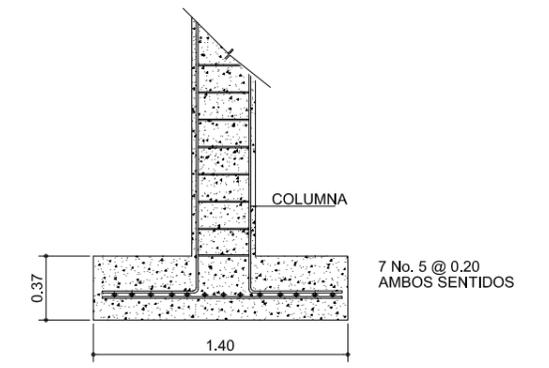
DETALLE ESC. 1:25
Columna tipo 3



DETALLE ESC. 1:25
Columna tipo 4



PLANTA ESC. 1:40
Zapata Tipo 1

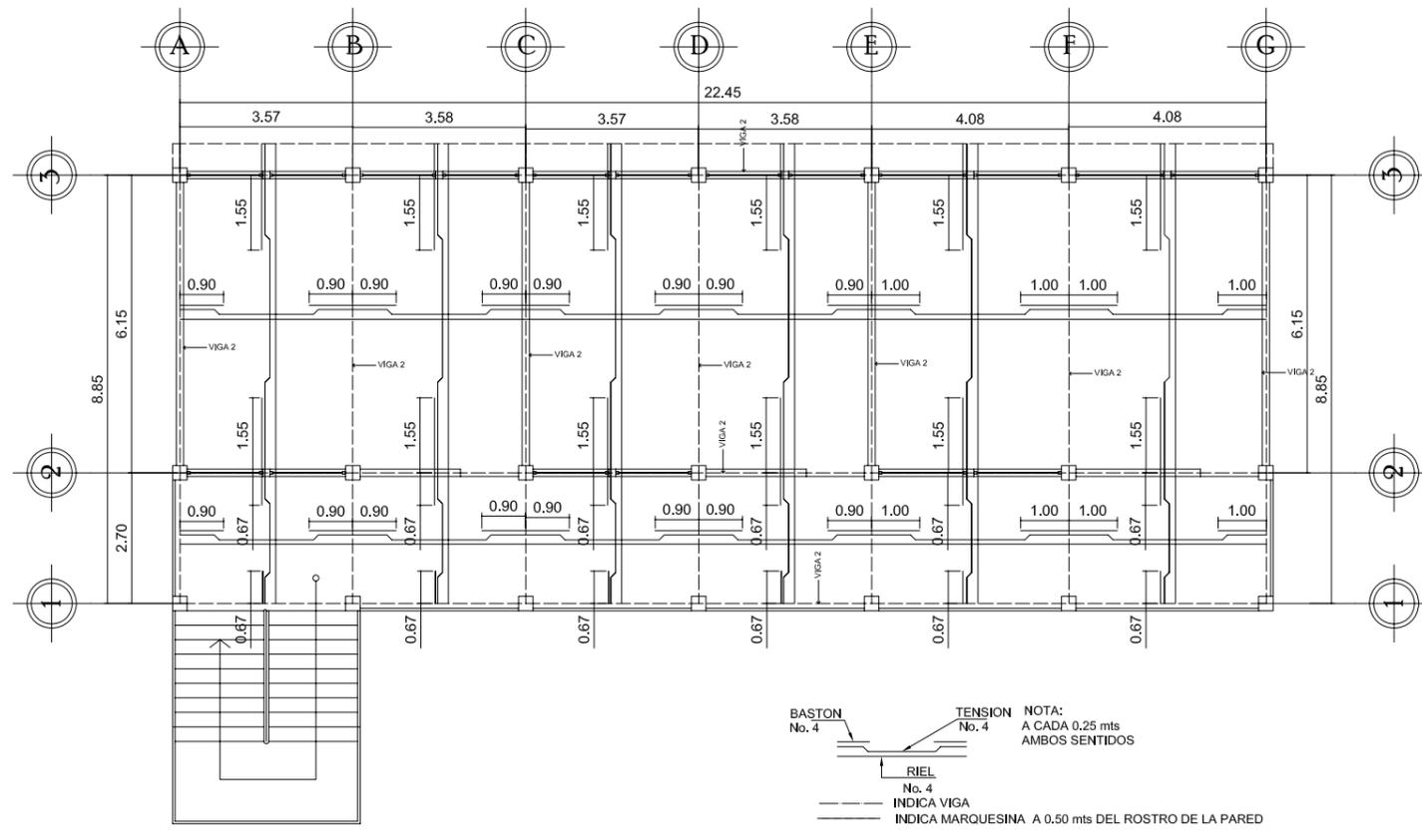
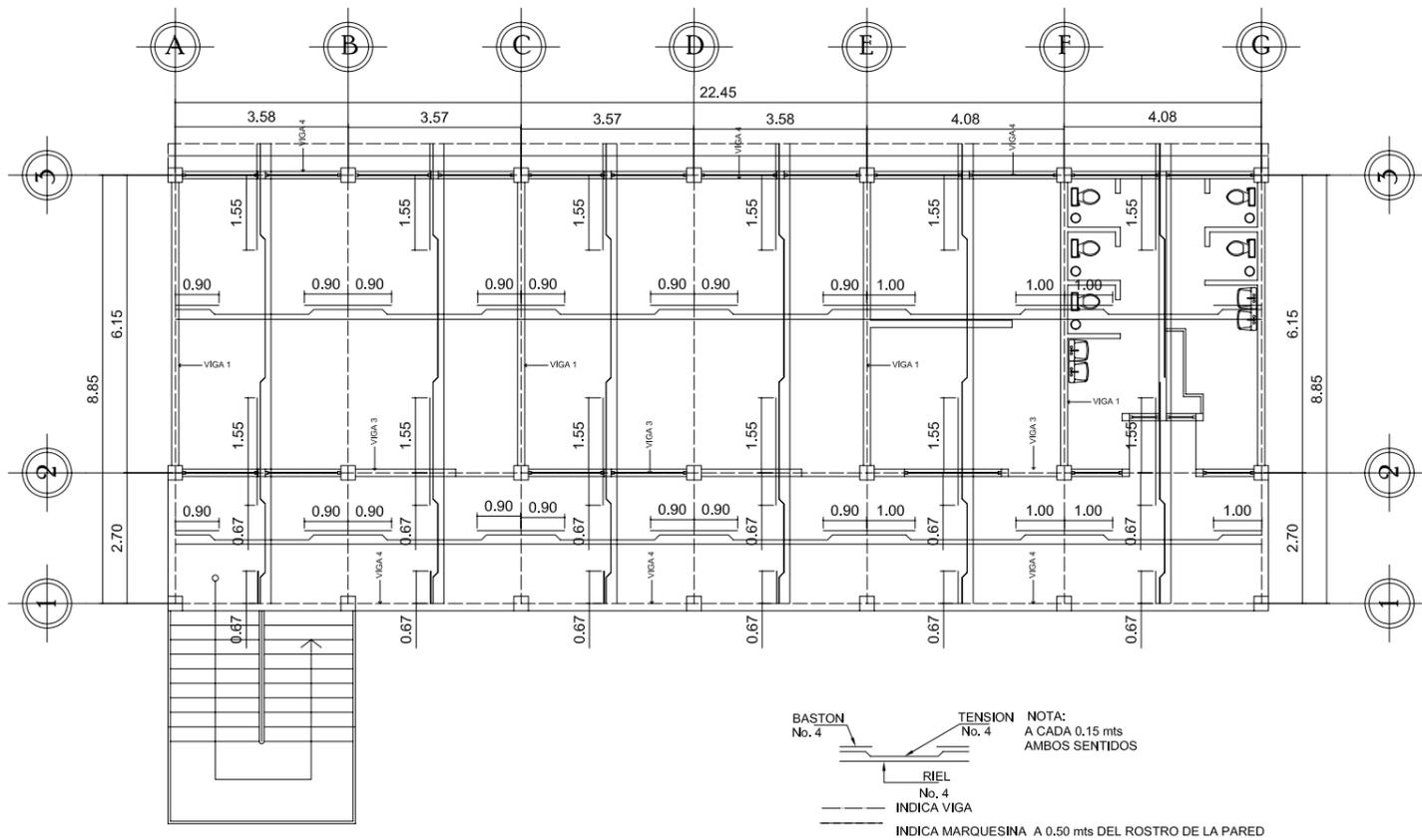


SECCIÓN A-A ESC. 1:40
Zapata Tipo 1

NOTAS:
 CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 ACERO $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTOS MINIMOS :	ANCLAJES:
-ESTRUCTURAS FUNDIDAS DIRECTAMENTE	3 0.30
CONTRA EL SUELO ----- 0.08 MTS.	4 0.40
-----	5 0.50
-LOSAS ----- 0.02 MTS.	6 0.60

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN PROYECTO: DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN	
CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES		
DISEÑO: J.O. CALCULO: J.O. DIBUJO: J.O. ESCALA: J.O. FECHA: ENERO, 2008	ESTUDIANTE: JORGE OROZCO	CARNET: 2001-12616
Vo.Bo.		HOJA 2 / 7



PLANTA BAJA

Istalación de iluminación

ESC. 1:130

PLANTA ALTA

Istalación de iluminación

ESC. 1:130

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ACERO DE REFUERZO

- El acero debe tener un $f_c = 2800 \text{ kg/cm}^2$
- Ganchos diámetros mínimos de doblez para varillas del No.3 al No.6; 6 diámetros de la varilla.
- Logitudes de desarrollo de varillas sujetas a tensión y traslapes:
 - No.3 0.30 mts.
 - No.4 0.30 mts.
 - No.5 0.36 mts.
 - No.6 0.36 mts.
- Todas las varillas se doblarán en frío.
- Código de diseño ACI-318-2005

MUROS:

- El levantado de muro se hará en block de 0.15x0.20x0.40 mts. unido con sabieta en proporción 1:3 (cemento + arena de río).
- El peso de los muros = 150 kg/m²

CONCRETO

- El concreto deberá tener un $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- La relación agua/cemento máxima permisible 29.3 lts/saco de cemento
- El agregado grueso deberá tener un diámetro mínimo de 1/2" y máximo de 1 1/2".

11. CARGAS:

Concreto	2400 kg/cm ³
Suelo	1600 kg/cm ³
Muro	150 kg/cm ³

12. Recubrimientos minimos:

Cimientos	7 cms.
Vigas	2.5 a 3 cms.
Columnas	2.5 a 3 cms.

CARGA VIVA: 500 kg/m2. (ENTREPISO)

CARGA VIVA: 550 kg/m2. (PASILLO)

CARGA VIVA: 100 kg/m2. (TECHO SIN ACCESO)

ESPEJOR DE LOSA $t=0.11 \text{ MT.}$



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

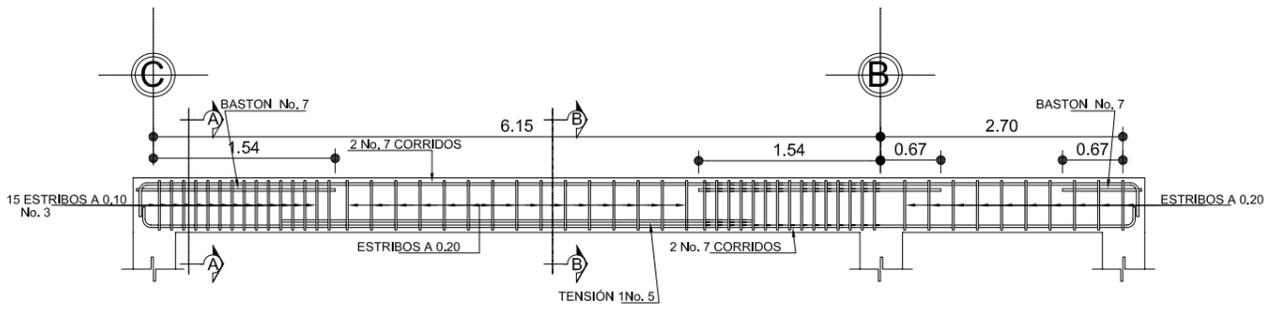
MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

CONTENIDO:
PLANTA DE ESTRUCTURA DE TECHOS
ESTUDIANTE:
JORGE OROZCO

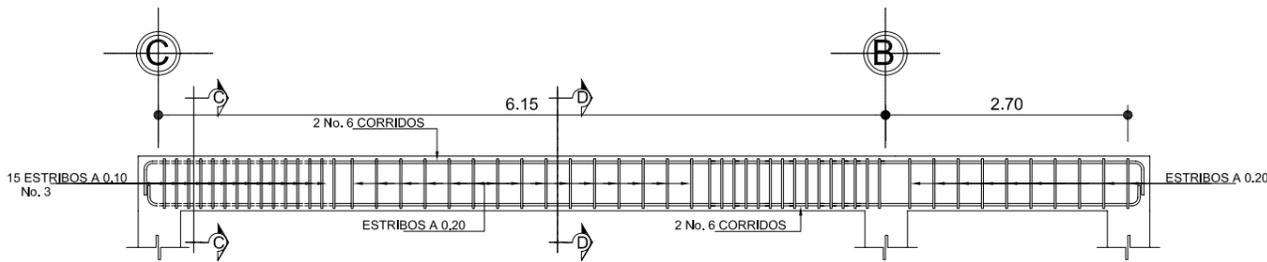
DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

CARNET: 2001-12616
HOJA
Estructural General
3/8
4/13

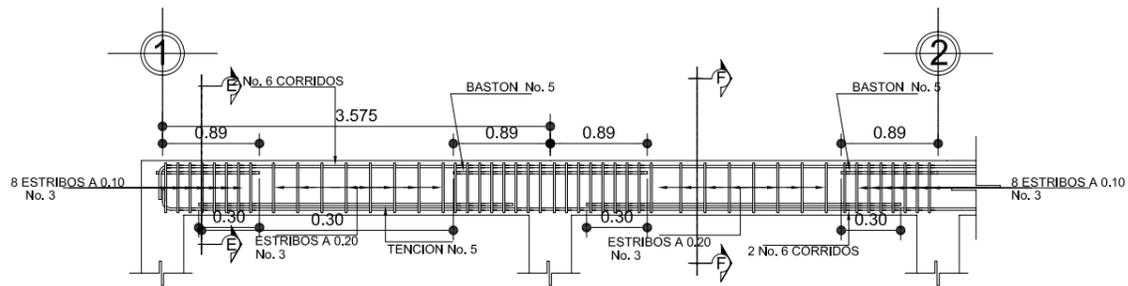
ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZ
ABSOBY SUPERVISOR DE E.P.S.
Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHIEL
ALCALDE MUNICIPAL



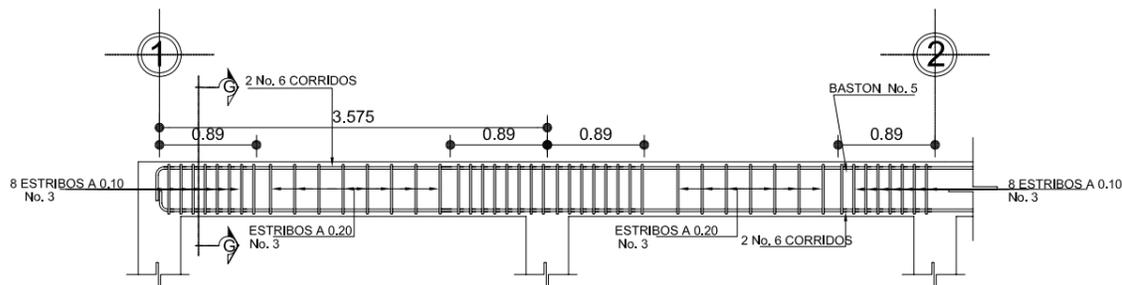
DETALLE Viga 1 ESC. 1:50



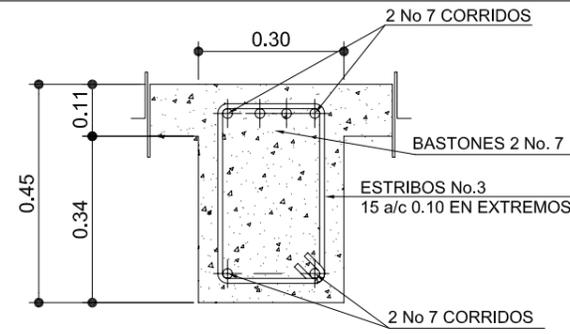
DETALLE Viga 2 ESC. 1:50



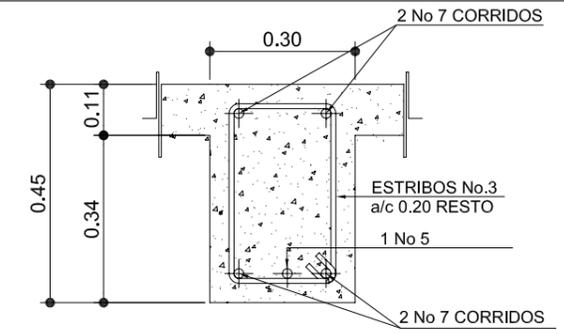
DETALLE Viga 3 ESC. 1:50



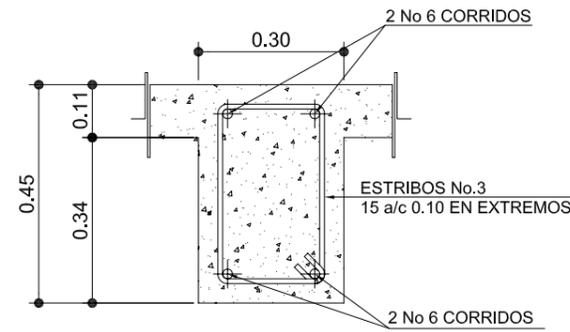
DETALLE Viga 4 ESC. 1:50



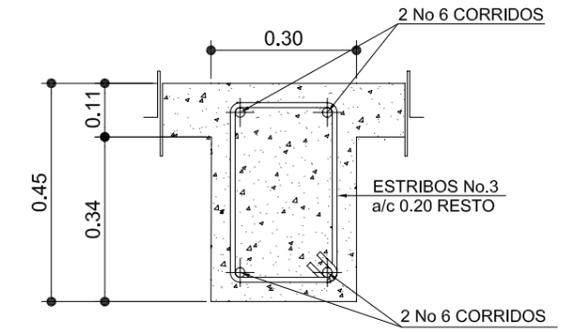
SECCIÓN A-A Viga tipo 1 ESC. 1:12.5



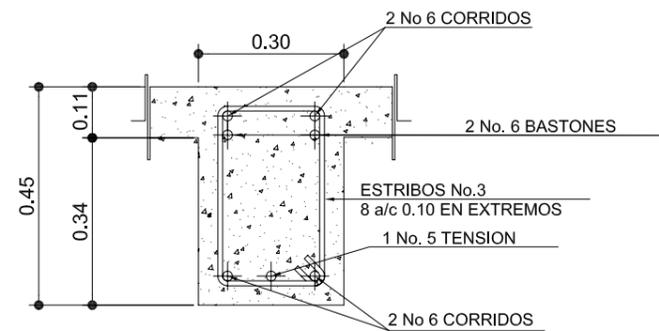
SECCIÓN B-B Viga tipo 1 ESC. 1:12.5



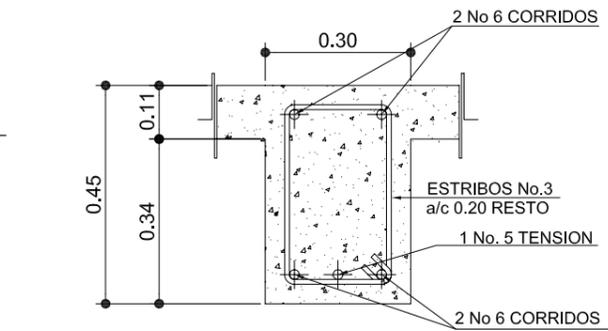
SECCIÓN C-C Viga tipo 2 ESC. 1:12.5



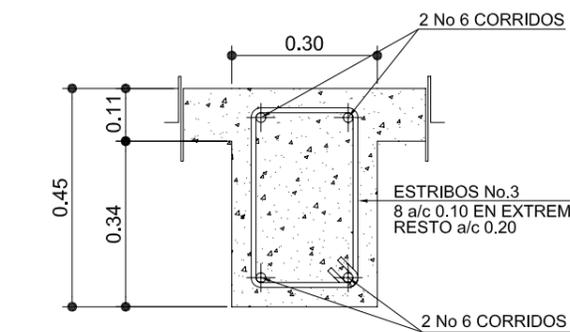
SECCIÓN D-D Viga tipo 2 ESC. 1:12.5



SECCIÓN E-E Viga tipo 3 ESC. 1:12.5



SECCIÓN F-F Viga tipo 3 ESC. 1:12.5



SECCIÓN G-G Viga tipo 4 ESC. 1:12.5



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

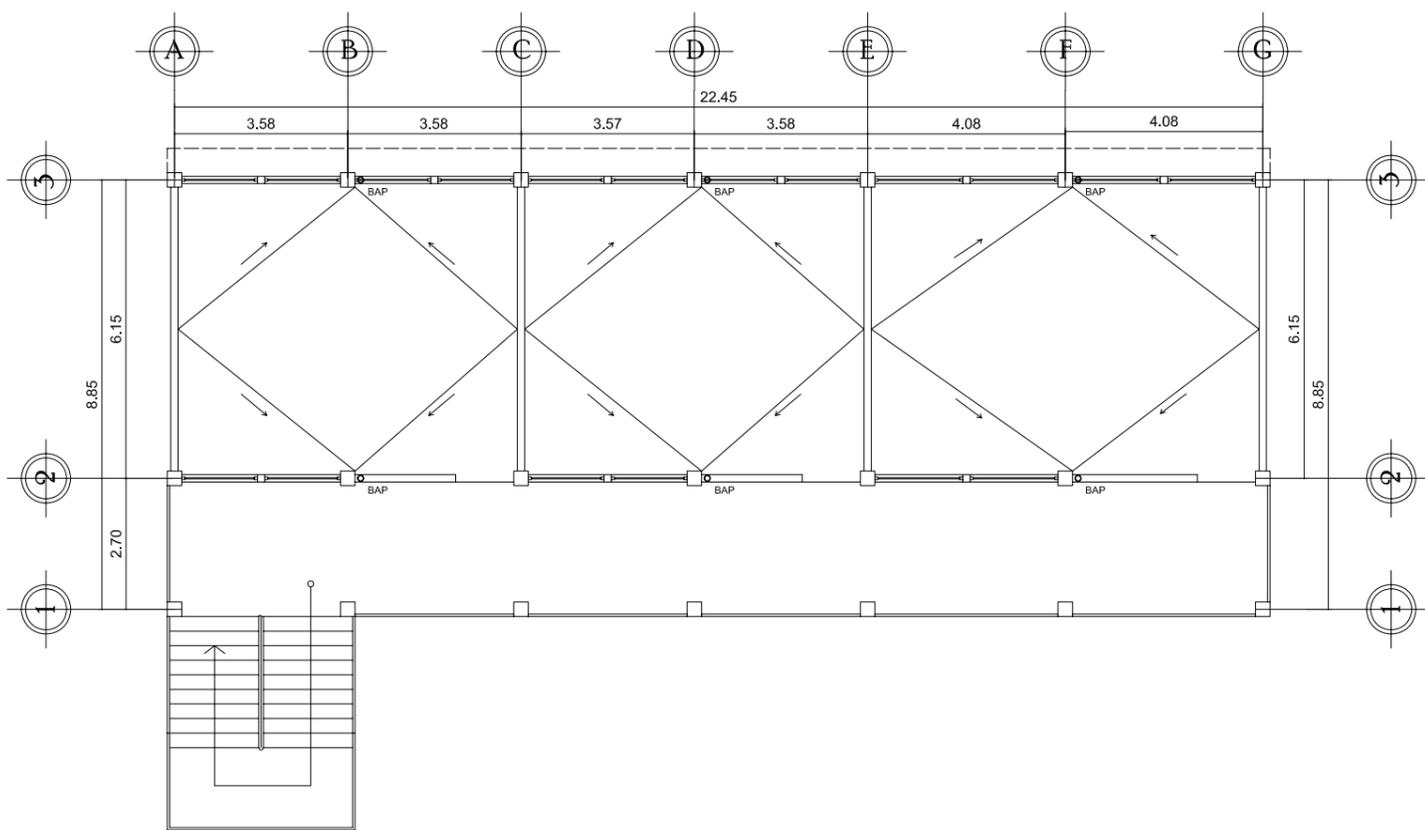
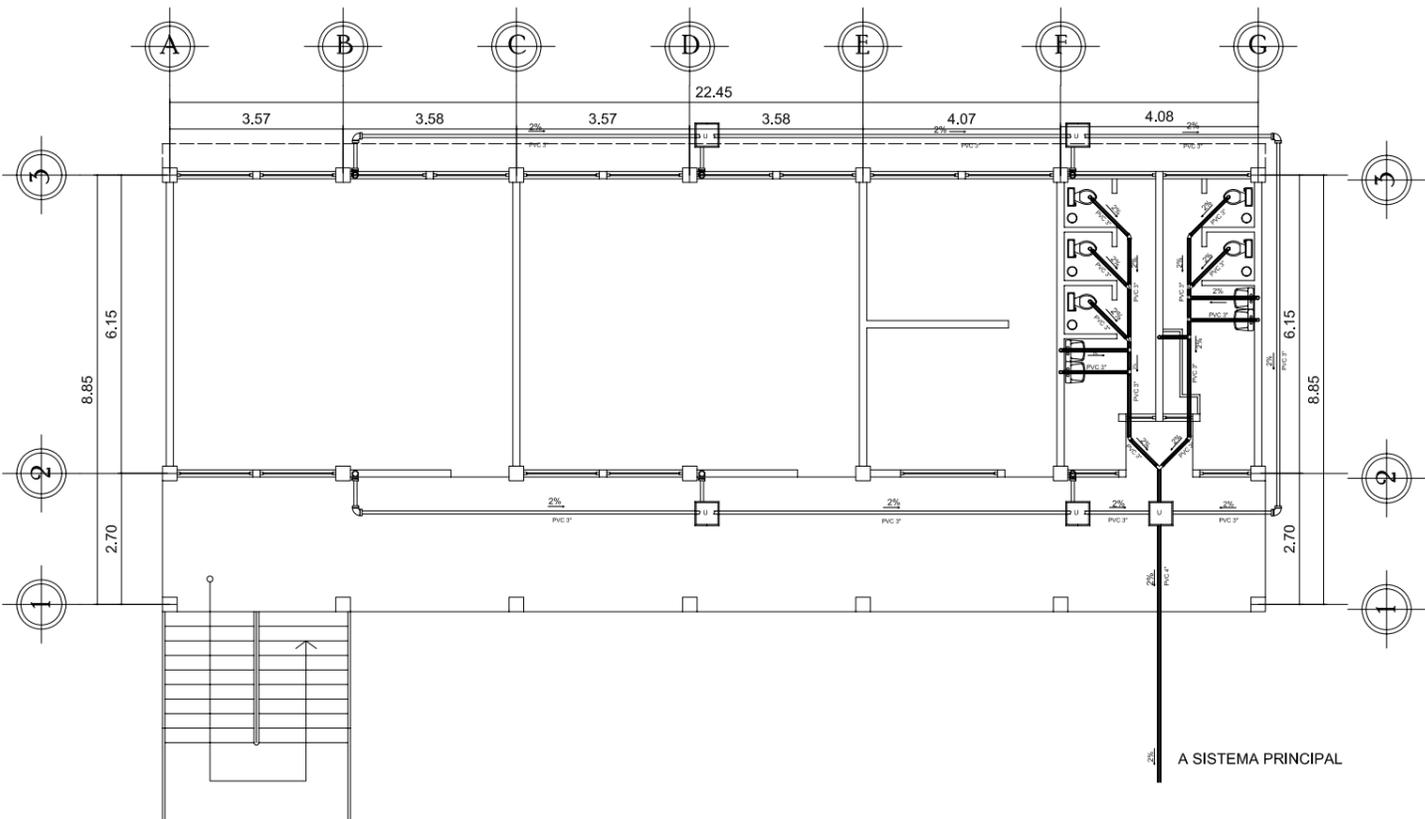
MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

CONTENIDO: **DETALLES DE VIGAS**
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

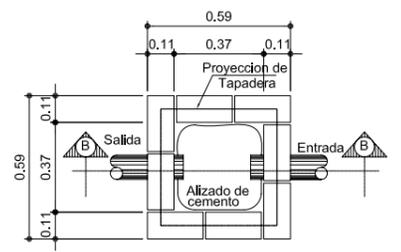
HOJA	
Estructural	General
4	9
4	13

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZQUEZ
ING. JERÓNIMO NAVARRO CHIEL

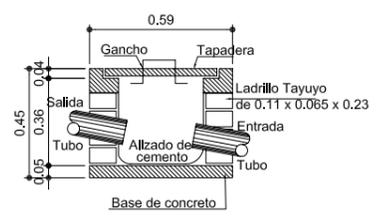


PLANTA BAJA
 Instalación de drenajes
 ESC. 1:130

PLANTA ALTA
 Instalación de drenajes
 ESC. 1:130



PLANTA
 Caja Unión
 ESC. 1:25



SECCIÓN B-B
 Caja Unión
 ESC. 1:25

NOMENCLATURA DE DRENAJE	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	TUBERIA DE AGUAS PLUVIALES
	TEE SANITARIA HORIZONTAL
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	YEE SANITARIA 45°
	YEE SANITARIA 90°
	CAJA TIPO UNION
	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE A 2 %

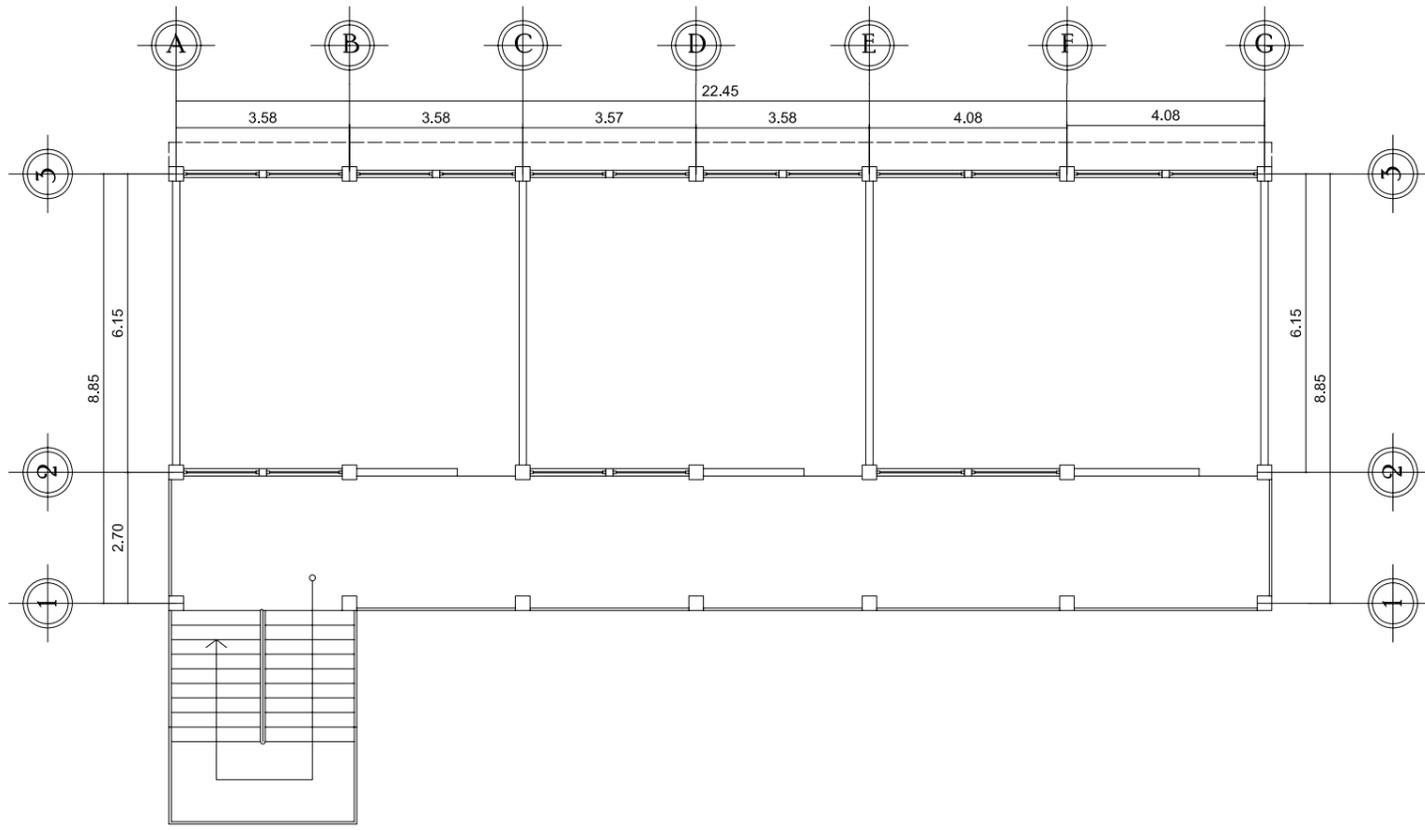
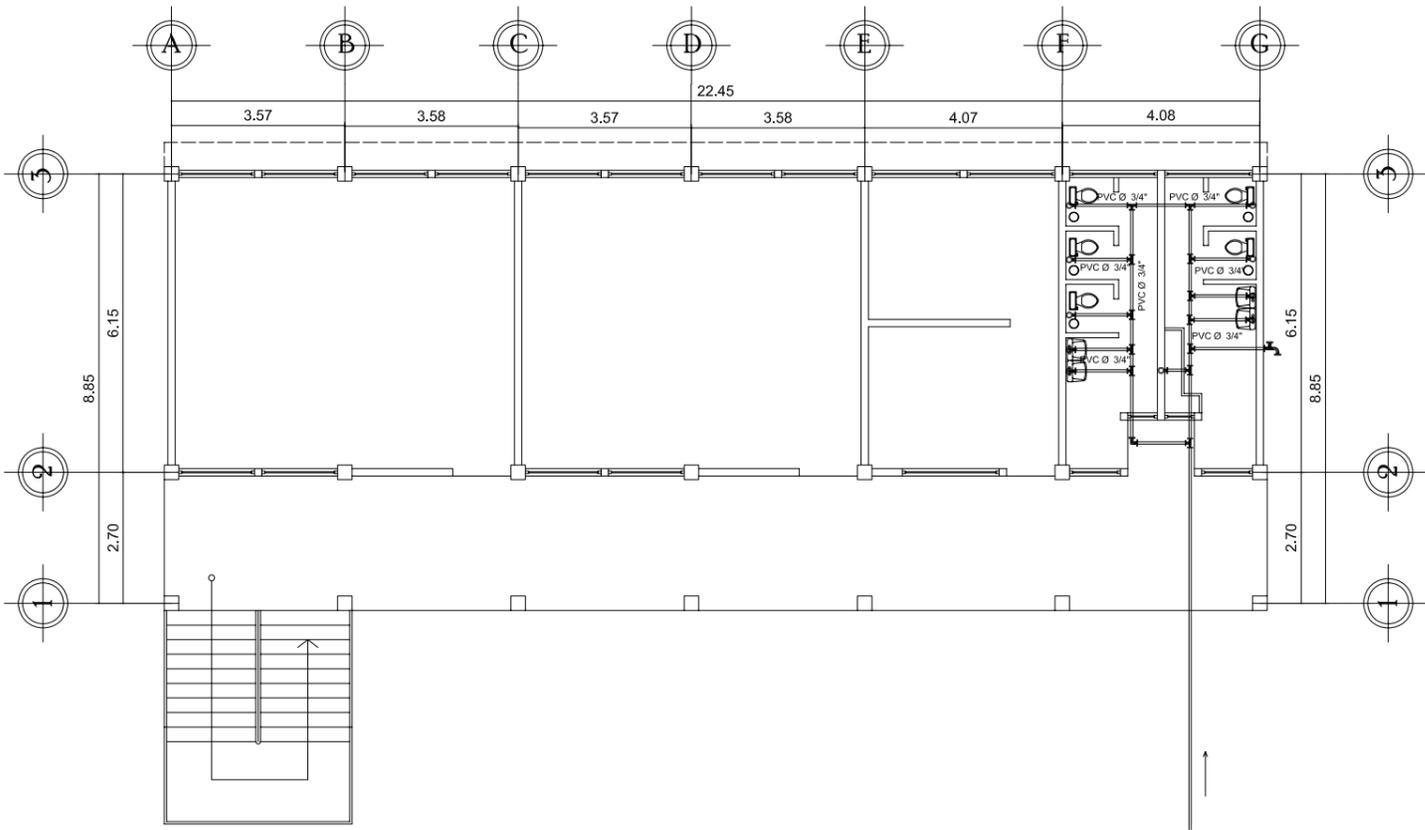


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
 PROYECTO:
 DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

DISEÑO: J.O.
 CALCULO: J.O.
 DIBUJO: J.O.
 ESCALA: J.O.
 FECHA: ENERO, 2,008

CONTENIDO: **PLANTA DE DRENAJE**
 ESTUDIANTE: JORGE OROZCO
 CARNET: 2001-12616
 HOJA
 Insulaciones General
 1 / 10
 4 / 13
 ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLEZ
 ASISTENTE SUPERVISOR DE E.P.S.
 Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHIEL
 ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA BAJA
Istalación hidráulica

ESC. 1:130

PLANTA ALTA
Istalación hidráulica

ESC. 1:130

NOMENCLATURA (iluminación)	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LUMINARIA INCANDESCENTE
	LÍNEA NEUTRAL
	LÍNEA VIVA
	LÍNEA DE RETORNO
	POLIDUCTO EN CIELO Y PARED
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1,20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR DOBLE H=1,20 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	INDICA CONTADOR
	INTERRUPTOR TRIPLE H=1,20 S.N.P.T.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

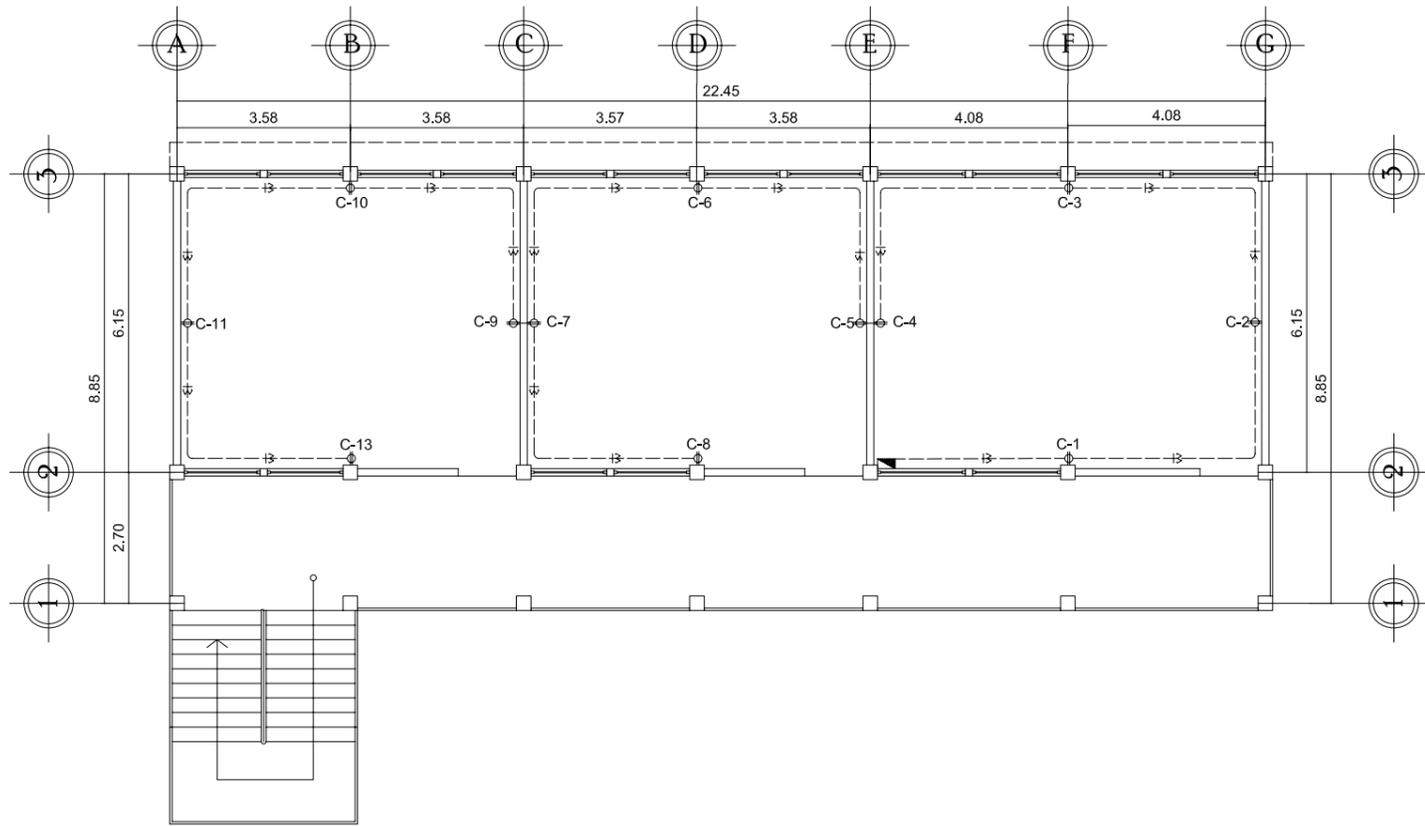
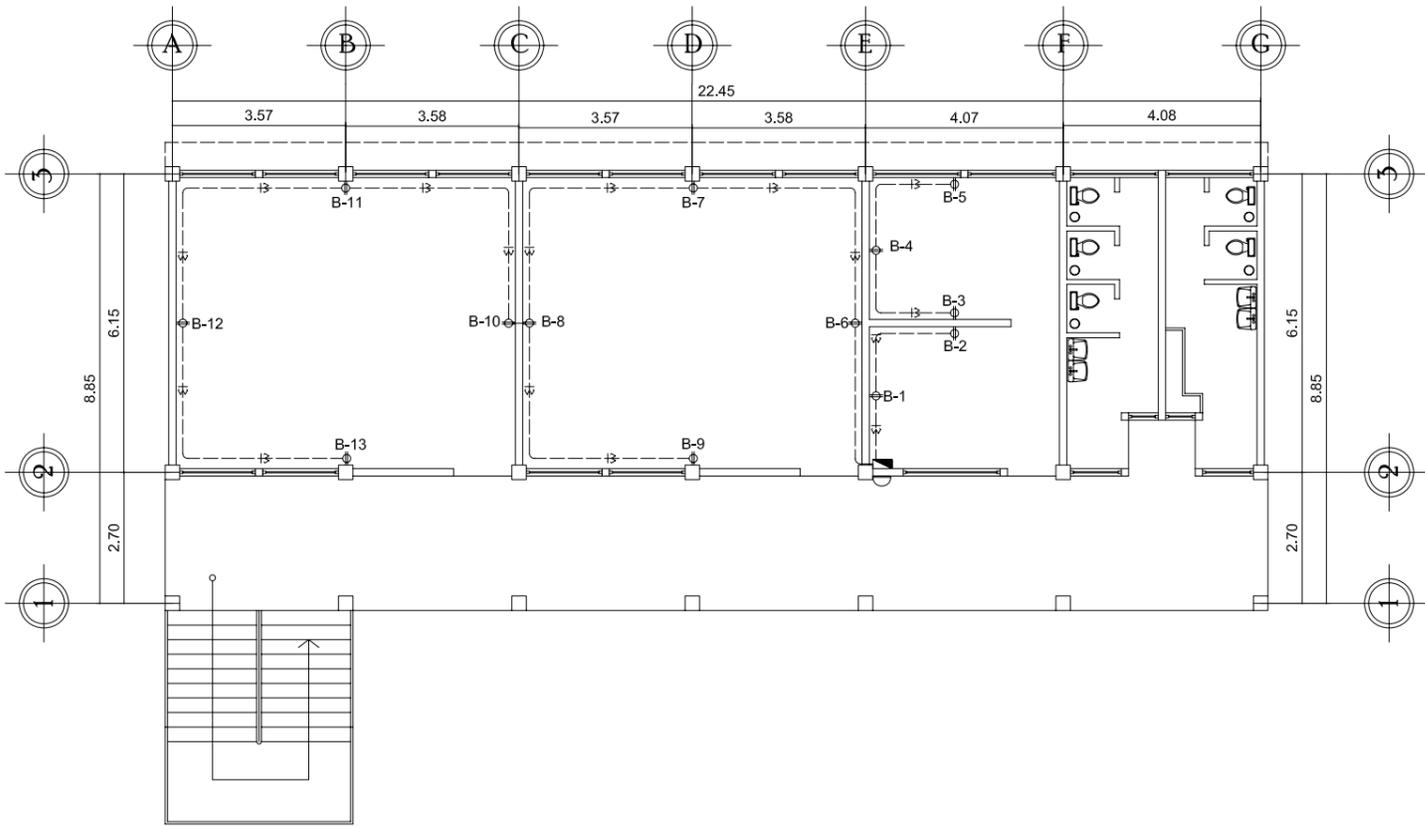
MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

CONTENIDO:
PLANTA DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

HOJA	
Insulaciones	General
2/4	11/13

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLEZ
ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.S.
Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHIEL
ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA BAJA

Istalación de fuerza

ESC. 1:130

PLANTA ALTA

Istalación de fuerza

ESC. 1:130

NOTAS:

- TODA LA TUBERIA DE ILUMINACIÓN SERA RIGIDA TIPO DUCTO DE 1/2"
- EL CABLE DE LOS CONDUCTORES SERA THW No.12 AWG.
- TODA LA TUBERIA DE FUERZA THW. No.12 AWG.

NOMENCLATURA (fuerza)	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LÍNEA NEUTRAL
	LÍNEA VIVA
	POLIDUCTO SUBTERRANEO
	TOMACORRIENTE DOBLE 110 V. H = 0.40 MTS. S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

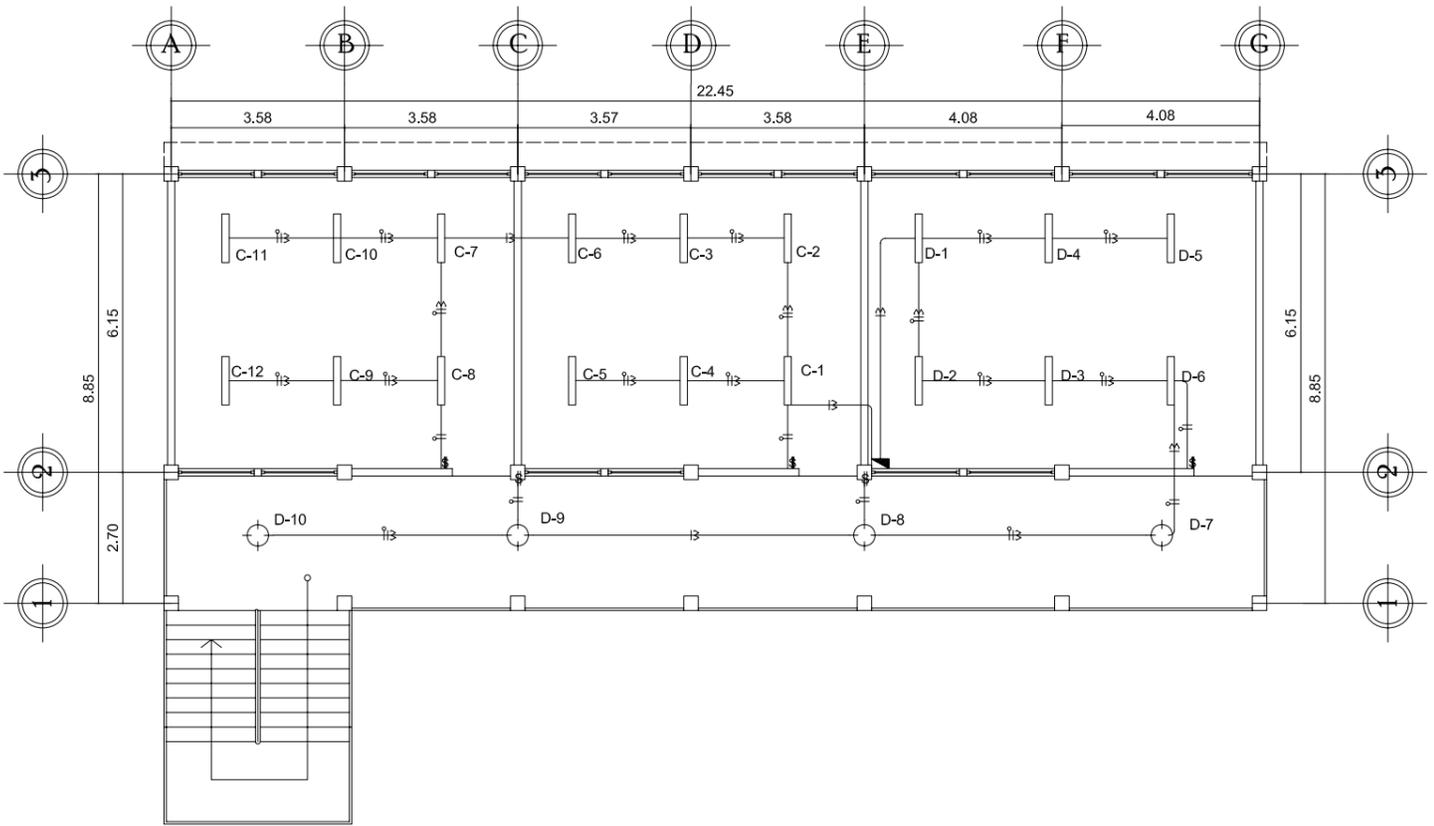
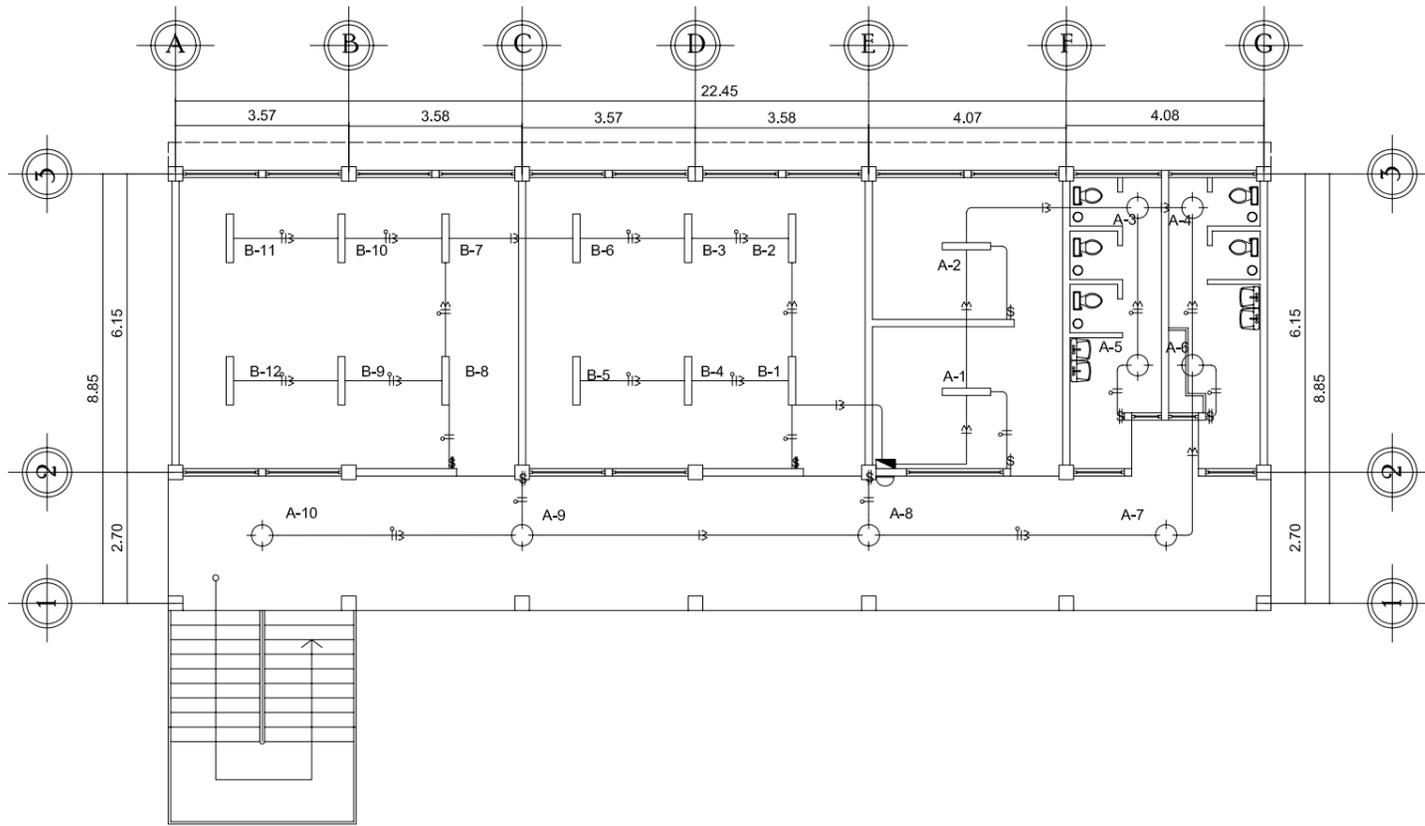
MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2,008

CONTENIDO:
PLANTA DE INSTALACIÓN DE FUERZA
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

HOJA	
Insulaciones	General
3	12
4	13

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZ ASESOR Y SUPERVISOR DE E.P.S.
Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHEL ALCALDE MUNICIPAL



PLANTA BAJA

Instalación de iluminación

ESC. 1:130

PLANTA ALTA

Instalación de iluminación

ESC. 1:130

NOTAS:

- TODA LA TUBERIA DE ILUMINACIÓN SERA RIGIDA TIPO DUCTO DE 1/2"
- EL CABLE DE LOS CONDUCTORES SERA THW No.12 AWG.
- TODA LA TUBERIA DE FUERZA THW. No.12 AWG.

NOMENCLATURA (iluminación)	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LUMINARIA INCANDESCENTE
	LÍNEA NEUTRAL
	LÍNEA VIVA
	LÍNEA DE RETORNO
	POLIDUCTO EN CIELO Y PARED
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	INDICA CONTADOR
	INTERRUPTOR TRIPLE H=1.20 S.N.P.T.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN CRISTÓBAL IXCHIGUÁN
PROYECTO:
DISEÑO DE INSTITUTO BASICO DE CASERIO EL PLAN

CONTENIDO:
PLANTA DE ILUMINACIÓN
ESTUDIANTE: JORGE OROZCO CARNET: 2001-12616

DISEÑO: J.O.
CALCULO: J.O.
DIBUJO: J.O.
ESCALA: J.O.
FECHA: ENERO, 2008

HOJA	
Insulaciones	General
4	13
4	13

ING. LUIS GREGORIO ALFARO VELAZ
ABSOBY SUPERVISOR DE E.P.S.
Prof. JERÓNIMO NAVARRO CHEL
ALCALDE MUNICIPAL