



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE 2 NIVELES PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL  
CARMEN Y DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA  
MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

**José Miguel Jiménez García**

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, julio de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE 2 NIVELES PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ MIGUEL JIMÉNEZ GARCÍA**

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

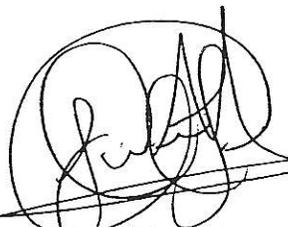
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto García Sic
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez.

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE 2 NIVELES PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha septiembre de 2011.



José Miguel Jiménez García



Guatemala, 25 de septiembre de 2012  
Ref.EPS.DOC.1314.09.12

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

Estimada Ingeniera Calderón de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Miguel Jiménez García** con carné No. **200614950**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE 2 NIVELES PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CÁRMEN Y DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA"**.

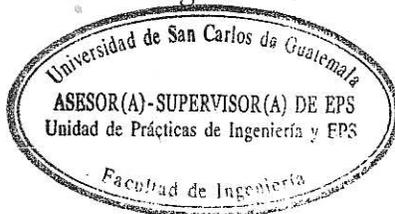
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo  
ARSG/ra



Guatemala, 15 de abril de 2013

Ref.EPS.D.286.04.13

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE 2 NIVELES PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Miguel Jiménez García**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigríd Alitzá Calderón de León  
Directora Unidad de EPS



SACdL/ra

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



Guatemala,  
21 de noviembre de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE 2 NIVELES PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Miguel Jiménez García, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
TRANSPORTES  
USAC

bbdeb.



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



Guatemala,  
11 de marzo de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE 2 NIVELES PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Miguel Jiménez García, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante José Miguel Jiménez García, titulado DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE 2 NIVELES PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
DIRECTOR  
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, julio 2013

/bbdeb.



Ref. DTG.503-2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE 2 NIVELES PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN Y DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA,** presentado por el estudiante universitario: **José Miguel Jiménez García,** autoriza la impresión del mismo

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, julio de 2013

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mis padres</b>	José Lino Jiménez Barrios y Cristina Elizabeth García Puerto.
<b>Mis hermanos</b>	Nilza Anabel, Elsa Cristina y Lino José Jiménez García.
<b>Mis abuelos</b>	José Inocente Jiménez Matute, Elsa Elvira Barrios Fuentes, Miguel Ángel García Villela (q.e.p.d.), María Cristina Puerto Puerto (q.e.p.d.).
<b>Mi familia en general</b>	Por brindarme su total apoyo en la carrera.
<b>Mis amistades</b>	Por compartir conmigo este logro.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Mis padres</b>	Por su amor, sacrificio y apoyo en todo momento, para lograr este triunfo. Que este trabajo sea un reconocimiento a sus esfuerzos.
<b>Mis hermanos</b>	Por darme su cariño y apoyo incondicional para lograr mis metas.
<b>Mis abuelos</b>	Por brindarme sabiduría, consejos y enseñarme el camino correcto a seguir.
<b>Rosa Duarte</b>	Por ser un pilar fundamental para este logro.
<b>Ing. Ángel Sic</b>	Por toda la colaboración en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo.
<b>Mis amistades</b>	Por sus consejos y sincera amistad.
<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por permitirme formar parte de tan importante casa de estudios.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.1.1. Nombre de la comunidad.....	1
1.1.2. Reseña histórica.....	1
1.1.3. Fiesta titular.....	2
1.1.4. Ubicación y localización.....	2
1.1.5. Extensión territorial.....	3
1.1.6. Clima y precipitación anual.....	3
1.1.7. Actividades socioeconómicas.....	4
1.1.8. Vías de acceso.....	4
1.2. Salud.....	4
1.2.1. Condiciones sanitarias.....	5
1.2.2. Mortalidad.....	5
1.2.3. Servicios de salud.....	6
1.3. Aspecto socio cultural.....	7
1.3.1. Educación.....	7
1.3.2. Instituciones existentes.....	7
1.3.3. Analfabetismo.....	8

1.3.4.	Tipos de vivienda.....	9
1.4.	Identificación y priorización de necesidades básicas.....	9
2.	<b>DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN,SANTA CATARINA PINULA.....</b>	<b>11</b>
2.1.	Diseño del edificio .....	11
2.1.1.	Infraestructura para el centro educativo.....	11
2.2.	Normas para el diseño de edificios educativos.....	11
2.2.1.	Criterios de conjunto.....	12
2.2.2.	Criterios de iluminación .....	12
2.2.3.	Seguridad en edificios .....	14
2.2.4.	Otros criterios .....	15
2.2.5.	Instalaciones .....	16
2.2.6.	Espacios educativos.....	16
2.3.	Estudio preliminar .....	16
2.3.1.	Terreno disponible.....	17
2.3.2.	Análisis de suelos.....	17
2.3.2.1.	Ensayo triaxial .....	17
2.4.	Requisitos de diseño del edificio .....	20
2.4.1.	Diseño arquitectónico .....	21
2.4.1.1.	Ubicación del edificio en el terreno .....	21
2.4.1.2.	Distribución de ambientes.....	21
2.4.1.3.	Altura del edificio .....	21
2.4.1.4.	Selección del sistema estructural a usar .....	22
2.4.2.	Análisis estructural .....	22
2.4.2.1.	Predimensionamiento estructural.....	22
2.4.2.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos .....	27

2.4.2.3.	Cargas aplicadas a los marcos dúctiles.....	28
2.4.2.3.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles .....	28
2.4.2.3.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles .....	33
2.4.2.3.3.	Análisis de marcos dúctiles utilizando software (ETABS) y comprobación por medio de un método de análisis numérico (Kanni) .....	42
2.4.2.3.4.	Momentos últimos por envolvente de momentos .....	58
2.4.2.3.5.	Diagramas de momentos y corte.....	60
2.5.	Diseño estructural.....	63
2.5.1.	Losas .....	63
2.5.2.	Vigas.....	73
2.5.3.	Columnas.....	79
2.5.4.	Zapata y cimientos corridos .....	89
2.5.5.	Diseño de gradas .....	96
2.6.	Instalaciones eléctricas.....	101
2.7.	Instalaciones hidráulicas.....	104
2.8.	Planos constructivos.....	108
2.9.	Presupuesto .....	109
2.9.1.	Cantidades de trabajo .....	109

2.9.2.	Integración de precios unitarios .....	110
2.9.3.	Resumen de presupuesto.....	110
2.10.	Cronograma de ejecución físico y financiero .....	112
2.11.	Evaluación Ambiental Inicial (EAI).....	114
3.	DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL .....	117
3.1.	Definición de pavimentos .....	117
3.2.	Tipos de pavimentos .....	117
3.2.1.	Pavimento flexible .....	117
3.2.2.	Pavimento rígido.....	118
3.2.3.	Maquinaria utilizada en la compactación de suelos.....	118
3.2.4.	Maquinaria utilizada en pavimentación .....	120
3.3.	Levantamiento topográfico .....	123
3.3.1.	Planimetría .....	123
3.3.2.	Altimetría .....	124
3.4.	Partes de un pavimento .....	124
3.4.1.	Base .....	125
3.4.1.1.	Tipos de base .....	127
3.4.2.	Subbase .....	127
3.4.3.	Subrasante .....	129
3.4.4.	Carpeta de rodadura .....	130
3.5.	Ensayo de suelos para pavimentos .....	131
3.5.1.	Granulometría .....	131
3.5.2.	Límites de Atterberg .....	131
3.5.2.1.	Límite líquido .....	132
3.5.2.2.	Límite plástico.....	132
3.5.2.3.	Índice plástico .....	132

3.5.3.	Ensayo de compactación (Proctor Modificado) .....	133
3.5.4.	Ensayo de valor soporte CBR .....	133
3.5.5.	Ensayo de equivalente de arena .....	134
3.5.6.	Resultado de los ensayos realizados .....	134
3.6.	Normas de diseño de pavimentos .....	135
3.6.1.	Normas de diseño para pavimentos flexibles .....	135
3.6.2.	Normas de diseño para pavimentos rígidos .....	135
3.6.3.	Criterios de diseño a utilizar .....	136
3.7.	Diseño del pavimento desde la 26 avenida hacia la cabecera municipal .....	137
3.7.1.	Análisis de tránsito .....	138
3.7.2.	Tipo de pavimento a utilizar .....	138
3.7.3.	Diseño geométrico del pavimento .....	138
3.7.4.	Diseño estructural del pavimento .....	149
3.7.5.	Planos constructivos .....	168
3.7.6.	Presupuesto .....	168
3.7.6.1.	Cantidades de trabajo .....	169
3.7.6.2.	Integración de precios unitarios .....	169
3.7.6.3.	Resumen de presupuesto .....	170
3.7.7.	Cronograma de ejecución físico y financiero .....	170
3.8.	Evaluación Ambiental Inicial (EAI) .....	172
CONCLUSIONES .....		175
RECOMENDACIONES .....		177
BIBLIOGRAFÍA .....		179
APÉNDICES .....		181
ANEXOS .....		189



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación del municipio Santa Catarina Pinula .....	3
2.	Áreas tributarias .....	25
3.	Marco dúctil, sección longitudinal .....	27
4.	Marco dúctil, sección transversal .....	28
5.	Carga muerta y carga viva, marco B .....	32
6.	Carga muerta y carga viva, marco 3.....	32
7.	Fuerzas por marco en eje X .....	41
8.	Fuerzas por marco en eje Y .....	41
9.	Modulación del edificio en ETABS .....	42
10.	Diagrama de iteraciones, momentos en vigas carga muerta eje Y .....	51
11.	Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje X .....	52
12.	Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje Y .....	52
13.	Diagrama de momentos en vigas carga viva eje X.....	53
14.	Diagrama de momentos en vigas carga viva eje Y.....	53
15.	Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje X .....	54
16.	Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje Y .....	54
17.	Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje X .....	55
18.	Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje Y .....	55
19.	Diagrama de momentos en columnas carga viva eje X.....	56
20.	Diagrama de momentos en columnas carga viva eje Y .....	56
21.	Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje X .....	57
22.	Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje Y .....	57
23.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje X.....	58

24.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje Y .....	59
25.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje X .....	59
26.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje Y .....	60
27.	Diagrama de corte en vigas eje X .....	61
28.	Diagrama de corte en vigas eje Y .....	61
29.	Diagrama de corte en columnas eje X .....	62
30.	Diagrama de corte en columnas eje Y .....	62
31.	Planta de distribución de losas .....	63
32.	Planta distribución de momentos en losa.....	67
33.	Balanceo de momentos en losa.....	67
34.	Planta de distribución de momentos balanceados en losa.....	70
35.	Diagrama de momentos y corte en viga segundo nivel eje X.....	73
36.	Detalle de armado de viga segundo nivel eje X .....	78
37.	Sección de columnas típicas de nivel .....	88
38.	Corte simple en zapata .....	92
39.	Corte punzonante en zapata.....	93
40.	Detalle de armado de zapata .....	96
41.	Planta-elevación módulo de gradas .....	98
42.	Detalle de armado de gradas.....	101
43.	Gastos probables, método de Hunter .....	106
44.	Plancha vibradora.....	118
45.	Vibroapisonador .....	119
46.	Rodillo vibratorio .....	120
47.	Mezcladora de concreto liviana.....	121
48.	Mezcladora de concreto carmix .....	121
49.	Vibrador de concreto .....	122
50.	Cortadora de concreto .....	122
51.	Capas de un pavimento.....	130
52.	Elementos de una curva horizontal .....	139

53.	Elementos de una curva vertical .....	146
54.	Clasificación de vehículos según su categoría .....	151
55.	Determinación del valor K por medio del CBR .....	152
56.	Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de K.....	153
57.	Pavimento con juntas con agregados de trabe.....	155
58.	Relación de ancho y altura de cuneta .....	161
59.	Dimensiones de machihembrado .....	164
60.	Detalle de junta longitudinal y dimensiones del aserrado .....	164
61.	Detalle de junta transversal y dimensiones del aserrado.....	165
62.	Detalle de junta de expansión .....	166
63.	Diámetros para pasajuntas en sobrecarpetas de concreto.....	167
64.	Distribución de cortes y juntas en pavimentación.....	168

## TABLAS

I.	Mortalidad en el municipio de Santa Catarina Pinula, 2011 .....	6
II.	Presión máxima permisible del suelo .....	20
III.	Centros de rigidez .....	38
IV.	Balance de momentos.....	69
V.	Cuadro resumen de armado de vigas.....	79
VI.	Presupuesto de edificación para aldea Cuchilla del Carmen .....	110
VII.	Cronograma de ejecución e inversión para edificación.....	113
VIII.	Boleta de identificación y evaluación riesgo para edificación.....	115
IX.	Curvas horizontales.....	144
X.	Curvas verticales.....	148
XI.	Algunos coeficientes utilizados en Guatemala.....	158
XII.	Fórmulas intensidad de lluvia .....	159
XIII.	Coeficiente de rugosidad para cunetas de concreto .....	162
XIV.	Presupuesto para carretera de entrada en cabecera municipal.....	170

XV.	Cronograma de ejecución e inversión para carretera .....	171
XVI.	Boleta de identificación y evaluación riesgo para carretera .....	172

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$a, b$	Ancho del elemento en sección
$A$	Área
$A_s$	Área de acero de refuerzo
$A_{smáx}$	Área de acero máximo
$A_{smín}$	Área de acero mínimo
$A_{Stemp}$	Área de acero por temperatura
$A_v$	Área de varilla
$A_g$	Área gruesa, área total de la sección
$A_z$	Área zapata
$q_u$	Capacidad de carga última
$P$	Carga aplicada a la columna
$P_u$	Carga axial
$P'_o$	Carga axial de resistencia de la columna
$P_{CR}$	Carga crítica de pandeo de Euler
$P'_u$	Carga de resistencia de la columna
$P'_{ux}$	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad $e_x$
$P'_{uy}$	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad $e_y$
$P'$	Carga de trabajo actuando en la columna
$CM$	Carga muerta
$CM_u$	Carga muerta última
$CU$	Carga última

<b>CUt</b>	Carga última total
<b>CV</b>	Carga viva
<b>CVu</b>	Carga viva última
<b>cm</b>	Centímetro
<b>I</b>	Coefficiente de importancia
<b>C</b>	Coefficiente para el cálculo de momentos en losas
<b>Z</b>	Coefficiente zona sísmica
<b>Vcol</b>	Corte en columnas
<b>Vv</b>	Corte en vigas
<b>V<sub>act</sub></b>	Corte máximo actuante
<b>Vrpun</b>	Corte punzonante
<b>Vr</b>	Corte resistente
<b>Cm</b>	Cuerda máxima
$\Delta$	Deflexión angular
<b>A%</b>	Diferencia algebraica entre pendientes
<b>S</b>	Espaciamiento del acero de refuerzo
<b>T</b>	Espesor
<b>e</b>	Excentricidad
<b>E</b>	External
<b>Ee</b>	External de entrada
<b>Es</b>	External de salida
<b>FCU</b>	Factor de carga última
<b>S</b>	Factor de interacción suelo-estructura
<b>FS</b>	Factor de seguridad
<b>Pn</b>	Fuerza actuante en marco
<b>Ft</b>	Fuerza en la cúspide
<b>F<sub>ni</sub></b>	Fuerza por nivel, en el nivel "i"
<b>G</b>	Grado de curvatura
<b>Kg</b>	Kilógramo

<b>kg/ m<sup>3</sup></b>	Kilógramo por metro cúbico
<b>km</b>	Kilómetro
<b>lb</b>	Libras
<b>Psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>L<sub>ong.</sub></b>	Longitud
<b>L<sub>c</sub></b>	Longitud de curva
<b>L<sub>cv</sub></b>	Longitud de curva vertical
<b>L<sub>vig</sub></b>	Longitud de viga
<b>δ</b>	Magnificador de momentos
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m</b>	Metro lineal
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>E<sub>s</sub></b>	Módulo de elasticidad del acero
<b>E<sub>c</sub></b>	Módulo de elasticidad del concreto
<b>E<sub>M</sub></b>	Módulo de elasticidad del material
<b>MR</b>	Módulo de ruptura del concreto
<b>M</b>	Momento
<b>M<sub>b</sub></b>	Momento balanceado
<b>M<sub>d</sub></b>	Momento de diseño (magnificado)
<b>M<sub>CM</sub></b>	Momento inducido por la carga muerta
<b>M<sub>CV</sub></b>	Momento inducido por la carga viva
<b>M<sub>s</sub></b>	Momento inducido por la fuerza sísmica
<b>M<sub>(-)</sub></b>	Momento negativo
<b>M<sub>(+)</sub></b>	Momento positivo
<b>M<sub>u</sub></b>	Momento último
<b>M<sub>x</sub></b>	Momento último actuando en el sentido X
<b>M<sub>y</sub></b>	Momento último actuando en el sentido Y
<b>P%</b>	Pendiente en porcentaje

<b>D</b>	Peralte efectivo del elemento en sección
<b>P</b>	Perímetro
<b>T</b>	Período
<b>Ft</b>	Pie
<b>q</b>	Presión sobre el suelo
<b>P1</b>	Punto de coordenada
<b>R</b>	Radio
<b>m</b>	Relación entre los claros de la losa a/b
<b>ρs</b>	Relación volumétrica
<b>f'c</b>	Resistencia a la compresión del concreto
<b>fy</b>	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
<b>Vr</b>	Resistencia al esfuerzo cortante del concreto
<b>Kma</b>	Rigidez en marcos

## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>Ángulo</b>	Es la menor o mayor abertura que forman dos líneas o dos planos que se cortan. Las líneas que forman el ángulo se llaman lados y el punto de encuentro, vértice.
<b>Área de acero mínima</b>	Cantidad de acero, determinado por la sección y límite de fluencia.
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>Azimut</b>	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde 0 a 360 grados sexagesimales.
<b>Carga muerta</b>	Peso muerto soportado por un elemento estructural, incluyendo el propio.
<b>Carga viva</b>	Peso variable dado por el personal y maquinaria móvil, soportado por un elemento.

<b>Cimiento corrido</b>	Estructura que sirve de apoyo para los muros, transmite estas cargas al suelo y a las zapatas.
<b>Columna</b>	Miembro que se usa principalmente para resistir carga axial de compresión y que tiene una altura de, por lo menos tres veces su menor dimensión lateral.
<b>Columna esbelta</b>	Es aquélla en que la carga última también está influida por la esbeltez, lo que produce flexión adicional debido a las deformaciones transversales.
<b>Compactación</b>	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y capacidad de soportar cargas.
<b>Concreto reforzado</b>	Mezcla de agregados pétreos y material ligante, reforzado con barras y/o mallas de acero, llamadas armaduras.
<b>Coordenadas</b>	Son puntos que sirven para determinar la posición exacta de un lugar.
<b>Corte</b>	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino. Se realiza a media ladera o en trinchera.
<b>Cota de terreno</b>	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.

<b>Cunetas</b>	Zanja lateral paralela al eje de la carretera o del camino, construida entre los extremos de los hombros y al pie de los taludes.
<b>Drenajes</b>	Controlan las condiciones de flujo de agua en terracerías y mejoran las condiciones de estabilidad de cortes, terraplenes y pavimentos.
<b>Esfuerzo</b>	Intensidad de fuerza por unidad de área.
<b>Estribo</b>	Elemento de una estructura que resiste el esfuerzo cortante.
<b>Estructura</b>	Armadura de hierro, madera u hormigón capaz de soportar una edificación. También se le considera como la composición de las diversas partes de un todo.
<b>Excavaciones</b>	Deben ser construidas cuidadosamente ajustándose a la línea y pendiente señaladas. Las caras laterales serán verticales.
<b>Excentricidad</b>	Cuando el centro de rigidez no coincide con el centro de masa, se produce excentricidad, esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y rigideces en la estructura.

<b>Fluencia</b>	Capacidad del acero de resistir esfuerzos debido a las cargas generadas por la tensión, presentando deformaciones permanentes debido a una fatiga causada por dichas cargas, sin necesidad que las mismas se continúen aplicando.
<b>Marco de concreto</b>	Sistema estructural formado por columnas y vigas de concreto armado para soportar cargas verticales y horizontales.
<b>Momento</b>	Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
<b>Momento negativo</b>	Es el momento al que están siendo sometidos los extremos de las vigas.
<b>Momento resistente</b>	Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de acero.
<b>Monografía</b>	Breve descripción sobre las características físicas, económicas, sociales y culturales de una región o pueblo.
<b>PCA</b>	<i>Portland Cement Association</i>
<b>Perfil</b>	Visualización en plano de la superficie terrestre, según su latitud y altura.

<b>Rasante</b>	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
<b>Sección típica</b>	Es toda la extensión de la carretera, tiene una sección que permanece uniforme la mayoría de las veces.
<b>Solera</b>	Elemento estructural horizontal de un muro, que resiste esfuerzos y confina los muros.
<b>Terracería</b>	Es el conjunto de operaciones de cortes, rellenos, terraplenes y desperdicios de material que se realizan hasta alcanzar una rasante determinada.
<b>Valor soporte</b>	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.
<b>Zapata</b>	Tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada, con base en las propiedades del mismo.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene el diseño de una edificación escolar de dos niveles para la aldea Cuchilla del Carmen y de la pavimentación en la entrada principal hacia la cabecera municipal, ambos en el municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala; esto con el fin de cubrir necesidades básicas y mejorar la calidad de vida de la población.

En la fase de investigación se realizó una recopilación de información importante, que detalla características típicas del municipio de Santa Catarina Pinula, con el objetivo de identificar las necesidades básicas que intervienen en el diseño de los proyectos en estudio.

El primer proyecto es un edificio de dos niveles, ubicado en la aldea Cuchilla del Carmen, destinado para usos múltiples de la escuela Rural Oficial Santa Anita No 820, cuyo diseño arquitectónico satisface las necesidades de espacio para uso administrativo, laboratorios de computación y capacitaciones a vecinos de la aldea. El segundo proyecto es el diseño de la pavimentación desde la veintiséis avenida hacia la cabecera municipal, que une a la ciudad de Guatemala con el municipio de Santa Catarina Pinula; el pavimento existente (asfalto) se deteriora a cada cierto tiempo y es necesario su continua reparación, por lo que se busca un pavimento de mayor calidad y durabilidad, por lo que se propone sea de concreto hidráulico.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proporcionar soluciones técnicas a través de proyectos de infraestructura para cubrir las necesidades básicas de las comunidades y contribuir así, al progreso y desarrollo municipal, con los diseños de un edificio educativo de dos niveles en la aldea Cuchilla del Carmen y de la pavimentación desde la veintiséis avenida hacia la cabecera municipal, ambos en el municipio de Santa Catarina Pinula

### **Específicos**

1. Desarrollar una investigación diagnóstica de las necesidades de servicios básicos y de infraestructura del municipio.
2. Evaluar las necesidades principales de cada proyecto, con el fin de que éstos satisfagan las necesidades de la población.
3. Realizar los diseños en base a códigos y especificaciones.
4. Capacitar a los miembros del comité pro-mejoramiento y técnicos municipales en todo lo relacionado al mantenimiento y reparaciones de edificios educativos y carreteras.



## INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) desarrollado por los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, pretende contribuir con el diseño y planificación de diversos proyectos de infraestructura, según la prioridad que éstos tengan dentro del municipio donde se lleve a cabo dicha práctica.

Posterior a la investigación y estudios basados en aspectos sociales, económicos y culturales, de las necesidades del municipio de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala, se priorizaron dos proyectos, el diseño de un edificio educativo de dos niveles para la aldea Cuchilla del Carmen y de la pavimentación desde la veintiséis avenida hacia la cabecera municipal. Se realizaron los estudios necesarios para la correcta planificación de dichos proyectos, con el propósito de que se puedan ejecutar a corto o mediano plazo y cumplan con las necesidades de la población.

Estos proyectos permitirán tener un contacto directo y real en la aplicación de los conocimientos teóricos y profesionales adquiridos, oportunidad que brinda el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) a los estudiantes de Ingeniería Civil



# **1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**

## **1.1. Generalidades**

Santa Catarina Pinula, es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala, está ubicado a 7 kilómetros de la ciudad, cuenta con 1 cabecera municipal, 10 aldeas y 7 caseríos.

### **1.1.1. Nombre de la comunidad**

Aldea Cuchilla del Carmen y cabecera municipal, municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.

### **1.1.2. Reseña histórica**

Su historia se remonta desde la época prehispánica, cuando los indígenas de ese entonces fundaron el pueblo de Pankaj o Pinola. El pueblo debe su nombre a la lengua indiana Pancac, cuyo significado etimológico es: Pan que significa dentro o entre, y Cac que tiene 3 significados, el primero, fuego, el segundo nigua y el tercero guayaba. Se puede suponer que el significado que corresponde es “entre guayabas”.

Durante la conquista, los españoles, transportaron a muchos indígenas mexicanos, quienes trasladaron consigo gran cantidad de elementos culturales, los cuales fueron apropiados por los grupos locales.

La palabra Pinula tiene un sentido etimológico. Pinul que significa “harina” y a que significa “agua”, en la lengua pipil significa “harina de agua”. Esto muy bien podría relacionarse con el pinole, una bebida muy conocida entre los pueblos mexicanos.

El nombre oficial del municipio corresponde a Santa Catarina Pinula, y se cree que fue el padre Juan Godínez, quien influyó en ponerle el nombre de Santa Catarina al pueblo de Pankaj o Pinola en honor a Catarina Mártir de Alejandría.

### **1.1.3. Fiesta titular**

La fiesta de la patrona inicia ocho días antes de que se inicie la feria, se celebran trece albas, las cuales simbolizan los trece días de martirio que sufrió la virgen culminado estas el veinticinco de noviembre.

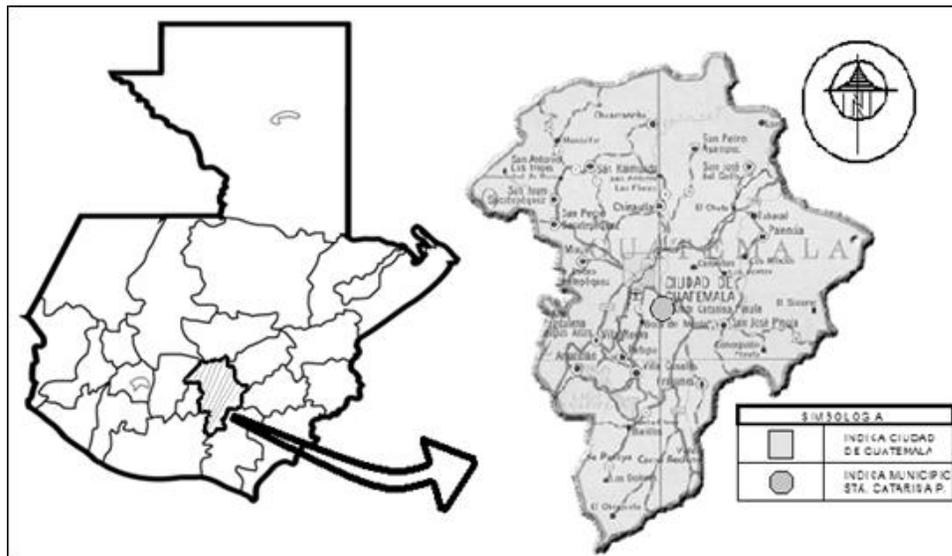
Este día se realizan los actos litúrgicos en la iglesia de la localidad, durante todo el día. Por la noche se lleva a cabo un baile llamado noche de recuerdo, en el cual participan marimbas de renombre; dichas fiestas hacen honor a la reina de la comunidad, también se realizan jaripeos, carreras de cintas a caballo, juegos mecánicos, entre otras cosas.

### **1.1.4. Ubicación y localización**

El municipio de Santa Catarina Pinula pertenece al departamento de Guatemala, siendo uno de los más importantes del mismo, ésto es debido a su crecimiento urbano, demográfico y sociocultural, por lo cual destaca sobre los otros dieciséis que lo conforman; se encuentra ubicado en la Sierra Canales y limita al norte con la ciudad de Guatemala, al este con San José Pinula y

Fraijanes; al sur con Fraijanes y Villa Canales y al oeste con Villa Canales y la capital.

Figura 1. **Ubicación del municipio Santa Catarina Pinula**



Fuente: elaboración propia.

### 1.1.5. **Extensión territorial**

La extensión territorial del municipio de Santa Catarina Pinula es de 50 kilómetros cuadrados y está ubicado a 1 550,00 metros sobre el nivel del mar, al suroeste del departamento de Guatemala a nueve kilómetros de la ciudad capital. Cuenta con una cabecera municipal, diez aldeas y siete caseríos.

### 1.1.6. **Clima y precipitación anual**

El municipio de Santa Catarina Pinula pertenece a la zona de vida del Bosque Húmedo Montano bajo subtropical, según el sistema Holdridge, el cual

clasifica las zonas de vida que posee Guatemala. La temperatura varía entre 12 a 28 grados centígrados en condiciones atmosféricas normales, presentándose la menor temperatura en horas de la noche y de la madrugada. La precipitación media anual oscila entre 1 057 y 1 558 milímetros y una humedad relativa del 84 por ciento.

### **1.1.7. Actividades socioeconómicas**

El sector productivo cuenta con agricultura y sus principales cultivos son frijol, maíz, café y hortalizas, se da en pequeña escala debido al alto índice de urbanización en el municipio, lo que ha causado la disminución de las actividades de agricultura. En donde hay mayor auge es en la crianza y beneficio de porcinos, gracias al apoyo municipal mediante la construcción y mantenimiento del rastro respectivo.

Respecto a la población, se dedican al trabajo de albañilería en su mayoría, destacan habitantes muy exitosos, que trabajan en grandes empresas de nacionales e internacionales.

### **1.1.8. Vías de acceso**

Se puede ingresar por poblaciones como San Miguel Petapa, Boca del Monte, Villa Canales, Villa Nueva, San José Pinula, Fraijanes y por la ciudad de Guatemala.

## **1.2. Salud**

Cuenta con una amplia red de instituciones que velan por el bienestar de los vecinos; como centros de salud en cada aldea, hospital en cabecera

municipal y traslado inmediato de emergencia en ambulancias municipales a establecimientos de mayor capacidad profesional y técnica.

### **1.2.1. Condiciones sanitarias**

Se realiza un análisis correspondiente a los servicios mínimos que debe prestar la municipalidad hacia los habitantes y se clasifican de la siguiente manera:

- Agua potable. La mayor parte del municipio cuenta con el servicio de agua potable, ya sea por servicio municipal, privado o propio de la comunidad.
- Drenajes. El mal manejo de aguas residuales es visible en todo el municipio, este servicio como red o colector municipal es casi inexistente, lo que obliga a los habitantes a la construcción de pozos ciegos y/o a la incorrecta disposición final de las aguas residuales con escorrentías superficiales.
- Basura. El servicio de extracción de basura es eficiente y un gran porcentaje del municipio lo utiliza, pero la falta de cultura y buenas condiciones económicas de algunos vecinos ha creado basureros clandestinos, los cuales afectan al ornato municipal.

### **1.2.2. Mortalidad**

La mortalidad del municipio es relativamente baja, para esto existen factores que influyen, los cuales son: municipio de Guatemala con menor

índice de inseguridad y gran cantidad de instituciones y transportes para brindar servicios de salud.

La tasa de mortalidad del municipio de Santa Catarina Pinula se conoce por medio de censos realizados en 2011 por la Unidad Municipal de Estadística (UME).

Tabla I. **Mortalidad en el municipio de Santa Catarina Pinula, 2011**

DESCRIPCIÓN	TASA
Tasa de mortalidad neonatal (X 1 000 NV)	3,63
Tasa de mortalidad infantil (X 1 000 NV)	8,3
Tasa de mortalidad (X 1 000 niños 1-4 años)	8,3
Tasa de mortalidad general (X 1 000 hb)	1,65
Proporción de mortalidad materna (X 100 000 NV)	0
Esperanza de vida al nacer	76

Fuente: Unidad Municipal de Estadística (UME), Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

### **1.2.3. Servicios de salud**

El municipio de Santa Catarina Pinula cuenta con un hospital, centros de salud, estación de bomberos y farmacias municipales, todos ubicados en las aldeas más pobladas del mismo; cabe mencionar que brindan servicio de ambulancia para transportar a centros de salud u hospitales con mejores capacidades.

La tasa de natalidad del municipio es de 10,38 por ciento por cada 1 000 habitantes y la tasa de fecundidad de 31,85 por ciento por cada 1 000 mujeres de edad fértil.

### **1.3. Aspecto socio cultural**

Son aquellas actividades relacionadas al fortalecimiento educativo, de infraestructura, económicas y políticas las cuales posiciona a una comunidad y/o municipio.

#### **1.3.1. Educación**

Es un municipio pionero en cuanto a educación se refiere, cuenta con escuelas en todas las aldeas del municipio, aunque en algunas, es ineficiente la infraestructura capaz de abrigar a todos los estudiantes; por lo tanto se deben hacer ampliaciones para poder cumplir la demanda de todos los usuarios.

Este municipio está a la vanguardia con respecto a la calidad de centros educativos, ya que se tiene establecido el programa de Escuelas del Futuro, en el cual los estudiantes de nivel primario reciben inglés, computación, uniformes y útiles escolares donados por la municipalidad.

#### **1.3.2. Instituciones existentes**

El cuanto a las instituciones es destacado el trabajo de la administración municipal. Desde el 2000 se han encargado de ampliar, mejorar y construir obras civiles del más alto nivel y calidad, entre las que se pueden mencionar:

- Salud
  - 1 hospital
  - 4 centros de salud
  - 2 farmacias municipales

- Educación
  - 15 escuelas mixtas
  - 3 institutos de educación básica por cooperativa
  - 2 institutos de educación de diversificado por cooperativa
  
- Varios
  - 3 polideportivos
  - 24 pozos y 26 tanques de almacenamiento de agua potable
  - 9 plantas de tratamiento
  - 6 cementerios
  - 1 rastro municipal
  - 1 mercado municipal
  - 1 edificio municipal y 1 anexo municipal
  - 6 salones municipales
  - 4 parque municipales
  - 1 vivero
  - 3 iglesias
  - 195,81 kilómetros de infraestructura vial

### **1.3.3. Analfabetismo**

El municipio de Santa Catarina Pinula, muy enfocado en la educación de sus habitantes, ha logrado reducir cada año su índice de analfabetismo, desde el 2000, un ejemplo es el registro del 2010, el índice fue de 3,57 por ciento y la cifra oficial con la que termina el 2011 es de 2,90 por ciento.

### **1.3.4. Tipos de vivienda**

La vivienda de mampostería reforzada, es la que predomina en el municipio, esto se debe al alto índice de urbanización; aunque predomine la mampostería reforzada, cabe mencionar, que en unos sectores del municipio se puede encontrar vivienda de lámina y bajareque.

Para las áreas en estudio, se puede observar que, en la aldea Cuchilla del Carmen, existen los tres tipos de vivienda, y para la cabecera municipal solo se puede ver viviendas de mampostería reforzada.

### **1.4. Identificación y priorización de necesidades básicas**

Se realiza un estudio para identificar y priorizar las principales necesidades del municipio, sus aldeas y caseríos, con el objetivo principal de recopilar la mayor cantidad de beneficiarios.

- Identificación

En cuanto a la infraestructura municipal, es alto el desarrollo de construcción, lo que ha creado mayor demanda por parte de los usuarios que carecen de tal infraestructura. Dentro de las necesidades prioritarias se pueden mencionar:

- Construcción de salón de capacitaciones.
- Ampliación y remodelación de escuelas rurales.
- Construcción de sistemas de drenaje sanitario y plantas de tratamiento para los existentes.

- Mejoramiento vial (calles principales, secundarias y caminos peatonales).
- Priorización

Con base en el análisis de las necesidades del municipio se logra abordar los proyectos que se deberán planificar para su posterior construcción. La municipalidad de Santa Catarina Pinula tiene la necesidad urgente de cubrir la demanda de:

- Ampliación, remodelación y construcción de salón de capacitaciones en escuela rural de la aldea Cuchilla del Carmen.
- Mejoramiento vial en calle principal, entrada hacia la cabecera municipal.

## **2. DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA**

### **2.1. Diseño del edificio**

Se diseña un edificio educativo de 2 niveles que cumple con las necesidades de la aldea, como sistema estructural se utiliza, marcos dúctiles con nudos rígidos.

#### **2.1.1. Infraestructura para el centro educativo**

El proyecto consiste en diseñar un edificio educativo, que tiene como objetivo proveer infraestructura para uso administrativo, laboratorios de computación y salón de capacitaciones.

La propuesta arquitectónica tiene como objetivo proveer espacios para, laboratorios de computación, salones de capacitaciones, área administrativa, bodegas y baños. En cuanto a la parte estructural, la edificación estará conformada por marcos espaciales dúctiles con nudos rígidos, losa de concreto reforzado y muros tabiques.

### **2.2. Normas para el diseño de edificios educativos**

Para la disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento se siguen los lineamientos del reglamento de construcción para edificios escolares del Ministerio de Educación. Los cuales son presentados a continuación.

### **2.2.1. Criterios de conjunto**

Son los criterios y/o normas básicas de cómo deben quedar distribuidos los ambientes, orientación, superficies y alturas al momento de diseñar una estructura.

- Emplazamiento: el área ocupada en planta baja no debe exceder el 40% del área total del terreno.
- Orientación del edificio: la orientación ideal es de norte a sur. De preferencia abriendo las ventanas hacia el norte.
- Superficie y altura del edificio: la superficie varía en función de las necesidades a cumplir, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura no debe exceder de tres niveles, tratando de ubicar los talleres y laboratorios en el primer nivel.

### **2.2.2. Criterios de iluminación**

Cuando se realiza una distribución de ambientes para un edificio, se debe tomar en cuenta criterios de iluminación esto para brindar la mayor claridad en cada área o salón.

- Generalidades de iluminación en el edificio: la iluminación debe ser abundante y de manera distribuida, evitando la proyección de sombras. Para lograrse 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 mejor reflexión de luz y dan como resultado, una mejor iluminación.
- Tipos de iluminación: por su procedencia, la iluminación se divide en natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas puede ser: unilateral, bilateral y cenital, las cuales se describen a continuación.
  - Iluminación natural unilateral: cuando un solo lado del aula tiene ventanas; las ventanas deben tener un área de 25 a 30 por ciento del área total del piso; y el muro opuesto a la ventana estará a una distancia no mayor de 2,5 veces la altura del muro de ventana.
  - Iluminación natural bilateral: cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula, éstas deben tener un área del 25 al 30 por ciento del área de piso del ambiente.
  - Iluminación natural cenital: la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del aula. Para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15 al 20 por ciento del área total de piso.

- Iluminación artificial: se acepta únicamente cuando sea muy justificado; debe ser difuso, para evitar molestias a la vista; también debe ser lo más parecido a la iluminación natural.

### **2.2.3. Seguridad en edificios**

La seguridad en edificios busca reducir los riesgos estructurales y no estructurales, para ello existen diferentes reglamentos y normativas, en los cuales se pueden encontrar los lineamientos a seguir. Entre los criterios fundamentales para construir un edificio habitable y seguro, se pueden mencionar:

- Riesgo estructural: se debe tomar en cuenta, el cumplimiento de las regulaciones existentes, materiales de construcción adecuados, capacitación en construcción, buena calidad y conocimiento estructural y capacitación en mantenimiento de los edificios.
- Riesgo no estructural: recomendaciones y regulaciones apropiadas para amarrar elementos no estructurales y mobiliarios de los edificios contra vientos y temblores, soluciones implementadas por los usuarios, seguridad contra fuego y salidas de emergencia.

Para riesgos causados por los usuarios y/o población externa a la comunidad educativa, se deberán de tomar medidas preventivas y de seguridad, la cuales se pueden encontrar en Acuerdo Ministerial No. 01-2011.

#### **2.2.4. Otros criterios**

Se debe prever toda necesidad al diseñar un edificio por tal motivo se tiene que buscar la correcta ventilación y un confort acústico para cada aula, esto mejorará las condiciones para la enseñanza y creara un ahorro en el presupuesto total de ejecución.

- Ventilación: la cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.
- Confort acústico: es de gran importancia, ya que influye en el estado anímico y en el grado de concentración del alumno. Es necesario que no exista ninguna interferencia sonora entre los ambientes, ni ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia.

Los ruidos del aula pueden venir de diferentes lugares y situaciones, para prevenirlos se pueden tomar las precauciones siguientes:

- Para evitar el ruido proveniente del exterior, ubicar los establecimientos en zonas tranquilas. De no ser posible, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.
- Para prevenir la interferencia entre ambientes, separar los ruidosos de los tranquilos, tomando en cuenta la dirección del viento.
- Para disminuir el ruido interno del ambiente, se debe construir con materiales porosos, ya que absorben ruido. Las extremidades del mobiliario y equipo deberán ser recubiertas con aislantes acústicos.

### **2.2.5. Instalaciones**

Las instalaciones generales en un edificio constituyen un bloque básico e importante, y asimismo, de prevención ya que en ellas ocurre un mayor grado de peligrosidad.

En su diseño y colocación se debe considerar lo siguiente:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio.
- Duración razonable y economía de mantenimiento
- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

### **2.2.6. Espacios educativos**

Son los espacios destinados a la enseñanza/aprendizaje, que se desarrolla por medio de diferentes actividades, por tal razón, las características de estos espacios varían de acuerdo a los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

## **2.3. Estudio preliminar**

Previo al diseño se debe realizar estudio preliminar del área o suelo donde se cimentaran las bases del edificio, con el objetivo de brindar durabilidad y seguridad al mismo.

### **2.3.1. Terreno disponible**

El terreno está ubicado en la aldea Cuchilla del Carmen, en la Escuela Oficial Rural Mixta Santa Anita No. 820; el área disponible a utilizar será de 349,02 metros cuadrados.

### **2.3.2. Análisis de suelos**

Es indispensable conocer las características físicas y mecánicas del suelo; esto para determinar las dimensiones correctas de los cimientos en función del valor soporte y así poder asegurar que el diseño de la estructura podrá soportar y distribuir las cargas sobre sus cimientos.

#### **2.3.2.1. Ensayo triaxial**

El ensayo de compresión triaxial fue realizado en el laboratorio de suelos, la muestra fue extraída a 2,00 metros por debajo del límite exterior; Los resultados se presentan a continuación.

Datos obtenidos en ensayo de laboratorio:

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado

Descripción del suelo: limo arenoso color café

Dimensión y tipo de la probeta = 2,5" × 5,0"

Ángulo de fricción interna  $\phi = 34,66^\circ$

Cohesión  $C_u = 6,67 \text{ ton/m}^2$

Base (B) = 1,00 m

Largo (L) = 1,00 m

Peso específico ( $\gamma_s$ ) = 1,56 ton/m<sup>3</sup>

Desplante (Df) = 1,00 m

Según el Laboratorio de Mecánica de Suelos del CII, la muestra de suelo está sobre consolidada y con poco contenido de humedad, lo cual dará un valor de carga última elevado y por lo consiguiente un valor soporte de suelo, mayor, el cual no se acoplara a los valores utilizados en Guatemala; por lo tanto el ángulo de fricción se deberá de hacer cero, para librar los posible errores del laboratorio, la obtención de muestra y preparación de la misma.

Capacidad de carga última utilizando la ecuación de Meyerhof

$$q_u = C_u \times N_c \times d_c \times S_c + q_0 \times N_q \times d_q \times S_q + \frac{1}{2} B \times \gamma_s \times N_\gamma \times d_\gamma \times S_\gamma$$

Donde:

Factores de capacidad de carga

$N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$

Factores de profundidad

$$d_c = 1 + 0,2 \times (D_f/B) \times \tan (45+\phi/2)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 \times (D_f/B) \times \tan (45+\phi/2)$$

Factores de forma:

$$S_c = 1 + (B/L) \times \tan(45+\phi/2)$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0,1 \times (B/L) \times \tan^2 (45+\phi/2)$$

$$q_0 = D_f \times \gamma_s$$

Valor soporte del suelo

$$V_s = \frac{q_u}{FS}$$

Donde:

$V_s$  = valor soporte del suelo

$FS$  = factor de seguridad = 4

$q_u$  = capacidad de carga última

La aplicación de la ecuación y los datos anteriores, da como resultado el valor soporte del suelo.

$$V_s = 21,40 \text{ ton/m}^2$$

Tabla II. **Presión máxima permisible del suelo**

TIPO DE MATERIAL	PRESIÓN MÁXIMA PERMISIBLE DEL SUELO	
	klb/ft <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>
Roca	20 % de la resistencia última al aplastamiento	20 % de la resistencia última al aplastamiento
Arena gruesa compacta con mezcla de limo, arena fina compacta, arcilla dura o arcilla arenosa.	8	39,12
Arcilla semirrígida o arcilla arenosa.	6	29,34
Arena inorgánica compacta y mezclas de limo.	4	19,56
Arena suelta.	3	14,67
Arcilla arenosa suave o arcilla.	2	9,78
Arena inorgánica suelta y mezclas de limo.	1	4,89
Arena orgánica suelta y mezclas de limo, humus o lodo.	0	0

Fuente: McCormac, Jack C. Diseño de concreto reforzado. p. 392.

#### 2.4. **Requisitos de diseño del edificio**

En general existen varios requisitos que debe cumplir un diseño, iniciando desde la ubicación, implementación arquitectónica, distribución de ambientes, altura del edificio y la selección del sistema de estructural a utilizar.

### **2.4.1. Diseño arquitectónico**

Consiste en dar la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional. Para lograrlo se deben tomar en cuenta los diferentes criterios tales como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

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

El edificio abarca el 85,95 por ciento del terreno disponible para esta edificación, estará ubicado en el costado lateral del terreno total utilizado para el complejo educativo, perpendicular al edificio de aulas y colindará con una calle principal de la aldea.

#### **2.4.1.2. Distribución de ambientes**

Para la forma y distribución de ambientes, se tomó en cuenta como prioridad la petición del alcalde municipal, sobre la necesidad de áreas para laboratorios de computación, salón de capacitaciones y oficinas para la dirección administrativa del complejo educativo.

#### **2.4.1.3. Altura del edificio**

El edificio será de dos niveles, cada nivel tendrá una altura de 2,80 metros sin incluir el grosor de piso y losa, por lo que aproximadamente la altura total de cada nivel será de 3,00 metros a ejes en todos los ambientes. Se dejará con esas medidas para dar confort, tanto a los ambientes como a los espacios de circulación.

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

Para la elección del sistema estructural a utilizar se debe tomar en cuenta los factores de: resistencia, desempeño, economía, estética, los materiales disponibles en el lugar y la técnica constructiva para realizar la obra. Lo cual debe incluir el tipo estructural, formas y dimensiones, los materiales y el proceso de ejecución.

Para este caso se ha elegido el sistema estructural a base de marcos espaciales dúctiles, con losas planas de concreto reforzado, y muros para la división de ambientes (estos son independientes del sistema estructural de marcos espaciales dúctiles).

#### **2.4.2. Análisis estructural**

Es el proceso utilizado para determinar la capacidad de una estructura o de cualquiera de sus elementos para soportar los efectos máximos producidos por las cargas aplicadas, con el fin de determinar los refuerzos de acero y simultáneamente establecer si los elementos propuestos resisten los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas con las secciones estimadas.

##### **2.4.2.1. Predimensionamiento estructural**

El predimensionamiento de una estructura consiste en la estimación de secciones preliminares de los elementos que la componen, en busca de satisfacer los criterios relativos a los estados límites de falla y de servicio, establecidos en los reglamentos.

## Predimensionamiento de losa

Se utilizó las recomendaciones del reglamento ACI 318-99, sección 9.5, donde las variables son las dimensiones de la superficie de losa y el tipo de apoyos. Con esto se procede a predimensionar el espesor de la losa. Todas las losas son de medidas iguales y se encuentran apoyadas en cuatro lados, por lo que se consideran en 2 sentidos, por lo tanto se usará el criterio del perímetro de losa dividido 180, para losas en dos sentidos.

### Relación

$m = a / b < 0,5$  losa que trabaja en un sentido

$m = a / b > 0,5$  losa que trabaja en dos sentidos

Donde:

$a =$  sentido corto de losa,  $b =$  sentido largo de losa

Calculando  $m$  para losa de mayor dimensión, con  $a = 4,00$  m y  $b = 5,00$  m

$m = 4,00 / 5,00 = 0,80 > 0,5$ ; losa que trabaja en dos sentidos

### Espesor de losa

$$t = P / 180$$

Donde:

$t =$  espesor de losa,  $P =$  perímetro

$$t = 2 (4 + 5) / 180 = 0,10 \text{ m}$$

Se propone una losa de 10 cm de espesor.

## Predimensionamiento de viga

Para el predimensionamiento de las vigas se pueden aplicar varios criterios, los cuales dependen de la luz que cubre la viga en estudio y la clase de apoyos que la sostienen.

- Recomendación del reglamento ACI 318-99, pág. 144, tabla 9.5 (a).
- Por cada metro lineal libre de luz, aumentar ocho centímetros de peralte y la base equivale a  $\frac{1}{2}$  del peralte. La relación entre la base y el peralte debe estar entre 0,25 y 0,60.

Para este caso se utilizó el mayor de los 2 criterios anteriormente mencionados.

- Longitud de la viga ( $L_{vig}$ ) = 5,00 m
  - $h_{viga1} = L / 21 = 5 / 21 = 0,24$  m
  - $h_{viga2} = 8\% \times L_{vig} = 0,08 \times 5,00 = 0,40$  m

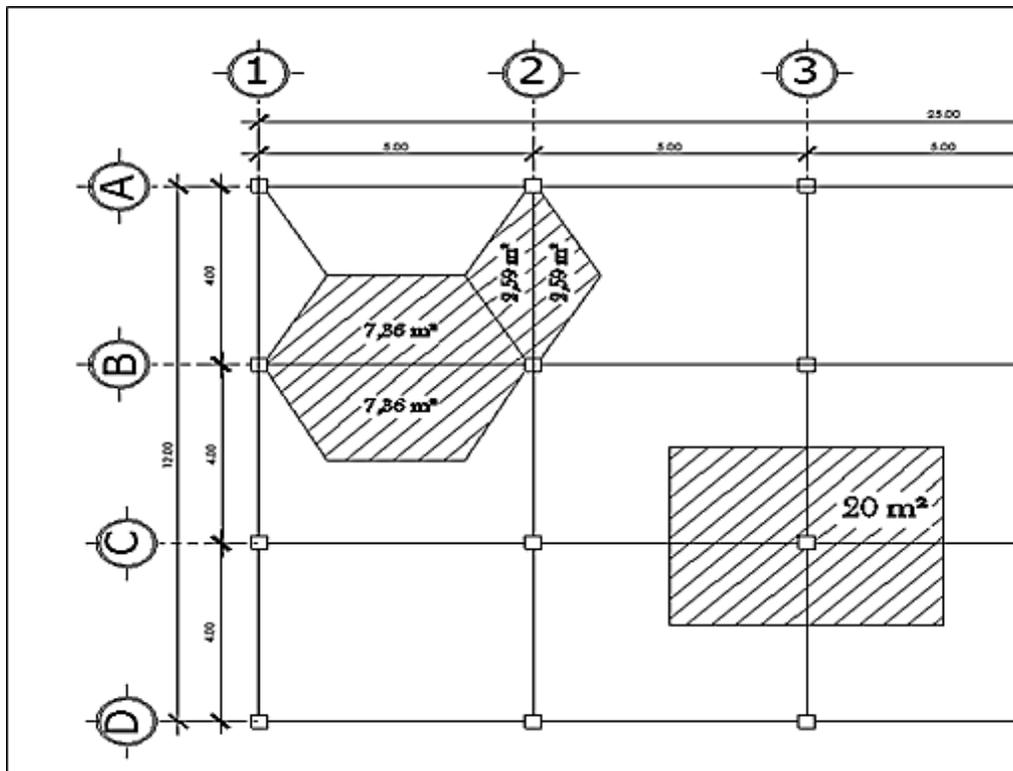
Para efectos de diseño se consideró un peralte de 40 centímetros y una base de 25 centímetros.

## Predimensionamiento de columnas

El método que se utilizará para predimensionar las columnas, determina la sección y se basa en la carga aplicada a esta, por medio de la ecuación (10-2) del código ACI 318-99 capítulo 10, al obtener este valor, es posible proponer las

medidas de la sección, para cumplir con esta área requerida. Para guardar simetría y evitar diferencias de rigidez de un marco a otro y de un nivel a otro. Las dimensiones de la sección obtenida, se utilizarán en todas las columnas.

Figura 2. **Áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

El área tributaria calculada es de 20 metros cuadrados, se ha de considerar que el peso específico del concreto reforzado es de 2 400 kilogramos por metro cúbico.

$$P_u = \gamma_c \times A_t \times 2 \text{ niveles} \times FCU$$

Donde:

$P_u$  = carga axial

$\gamma_c$  = peso específico del concreto

$A_t$  = área tributaria

FCU = Factor de carga última

Carga última,  $CU = 1,4CM + 1,7CV$

$CU = 1,4(340) + 1,7(100) = 646,00 \text{ kg/m}^2$

Factor de carga última

$$FCU = \frac{CU}{CM + CV}$$
$$FCU = \frac{646}{340 + 100} = 1,46$$

$$P_u = 2\,400 \times 20 \times 2 \times 1,46 = 140\,160,00 \text{ kg}$$

Sustituyendo valores en la ecuación de la carga puntual, se obtiene el área gruesa de la columna.

$$A_g = \frac{P_u}{0,80[0,85 \times f'c (1 - \rho) + f_y \times \rho]}$$

Donde:

$A_g$  = área gruesa

$\rho$  = cuantía de acero

$f'c$  = resistencia a la compresión del concreto hidráulico

$f_y$  = fluencia del acero

$$A_g = \frac{140\,160,00}{0,80[0,85 \times 210 (1 - 0,01) + 2\,810 \times 0,01]} = 855,40 \text{ cm}^2$$

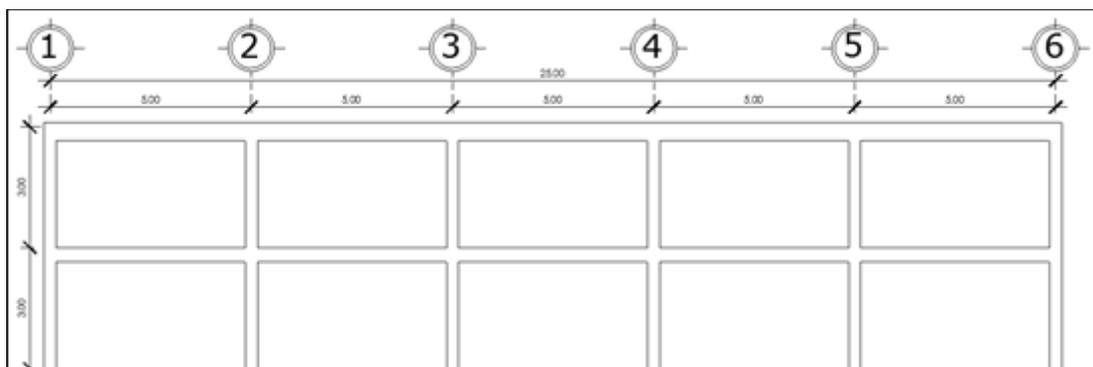
$A_g = 855,40 \text{ cm}^2$ , para una sección cuadrada de 29 cm x 29 cm

Área de sección mínima = 900 cm<sup>2</sup>, por lo que se propone una sección mínima de 30 cm x 30 cm >  $A_g$  determinada.

#### 2.4.2.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos

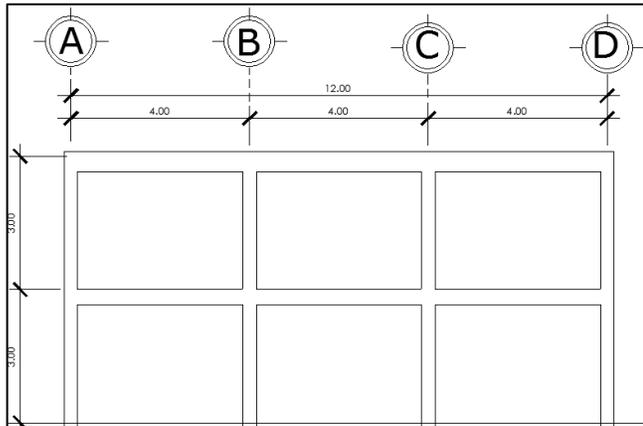
Los modelos matemáticos son representaciones gráficas que muestran la geometría de la estructura, así como las cargas que interactúan en los marcos. Estos sirven para realizar el análisis estructural. Por la simetría estructural del edificio, se analizan y diseñan únicamente los marcos críticos.

Figura 3. Marco dúctil, sección longitudinal



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 4. **Marco dúctil, sección transversal**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

### **2.4.2.3. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles**

Las cargas son fuerzas externas que actúan sobre la estructura. Las cuales provocan reacciones internas de resistencia dentro del sistema estructural. Dependiendo de la manera de cómo estas sean aplicadas, tienden a deformar la estructura y sus componentes. Para clasificarlas existen varios criterios. Aquí se hace una distinción de acuerdo con la dirección de su aplicación, cargas verticales y horizontales.

#### **2.4.2.3.1. Cargas verticales en marcos dúctiles**

Son las cargas aplicadas a los marcos y provocadas por la acción de la gravedad sobre los cuerpos. Estas se dividen en vivas y muertas, según su origen.

- Cargas vivas

Son aquellas producidas por el uso y ocupación de la edificación. Los agentes que producen estas cargas no están sujetos a la estructura. Pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, pueden cambiar su ubicación. La magnitud y distribución son inciertas en un momento dado.

La norma AGIES y otros códigos, regulan los valores de la carga viva, para los diferentes tipos de estructura y la función que estos tengan.

Las cargas vivas utilizadas para el diseño del edificio son:

Aulas =  $300 \text{ kg/m}^2$

Pasillos y escaleras =  $500 \text{ kg/m}^2$

Techos =  $100 \text{ kg/m}^2$

Bodega =  $600 \text{ kg/m}^2$

Oficina =  $250 \text{ kg/m}^2$

- Cargas muertas

Comprenden todas las cargas de los elementos permanentes de la construcción incluyendo la estructura en sí, pisos, relleno, cielos, vidrieras, tabiques fijos, puertas, instalaciones (drenajes, hidráulicas, eléctricas, otras.), equipo permanente rígidamente anclado y otros. Estas son cargas permanentes, que se determinan con bastante exactitud, se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición, durante la vida de la estructura.

Las cargas muertas aplicadas son:

Peso del concreto reforzado = 2 400 kg/m<sup>3</sup>

Peso de muros = 100 kg/m<sup>2</sup>

Peso de acabados = 100 kg/m<sup>2</sup>

Integración de cargas verticales

Eje B – Viga 3-4

Nivel 1

Carga muerta = peso losa + peso sobrecarga + peso viga + peso muros

Peso losa =  $(14,72 \times 0,10 \times 2\,400)/5$  = 706,56 kg/m

Peso acabados =  $(14,72 \times 100)/5$  = 294,40 kg/m

Peso viga =  $0,40 \times 0,25 \times 2\,400$  = 210,00 kg/m

Peso muros =  $100 \times 5$  = 500,00 kg/m

Total carga muerta = 1 710,96 kg/m

Carga viva =  $(14,72 \times 300) / 5$  = 883,20 kg/m

Nivel 2

Carga muerta = peso losa + peso sobrecarga + peso viga + peso muros

Peso losa =  $(14,72 \times 0,10 \times 2\,400) / 5$  = 706,56 kg/m

Peso acabados =  $(14,72 \times 100) / 5$  = 294,40 kg/m

Peso viga =  $0,40 \times 0,25 \times 2\,400$  = 210,00 kg/m

Total carga muerta = 1 210,96 kg/m

Carga viva =  $(14,72 \times 100) / 5$  = 294,40 kg/m

### Eje 3– Viga D-C

#### Nivel 1

Carga muerta = peso losa + peso sobrecarga + peso viga + peso muros

$$\text{Peso losa} = (5,18 \times 0,10 \times 2\,400) / 4 = 310,80 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso acabados} = (5,18 \times 100) / 4 = 129,50 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso viga} = 0,40 \times 0,25 \times 2\,400 = 210,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso muros} = 100 \times 4 = 400 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga muerta} = 1\,050,30 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso carga viva} = (5,18 \times 500) / 4 = 647,5 \text{ kg/m}$$

### Eje 3– Viga D-C

#### Nivel 2

Carga muerta = peso losa + peso sobrecarga + peso viga + peso muros

$$\text{Peso losa} = (5,18 \times 0,10 \times 2\,400) / 4 = 310,80 \text{ kg/m}$$

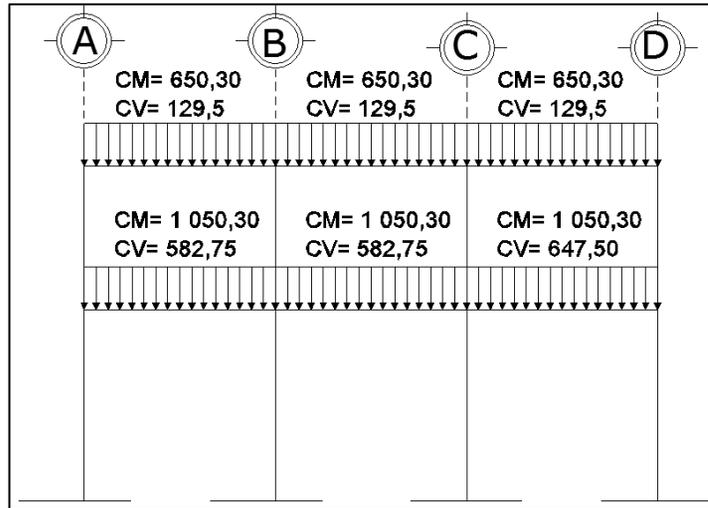
$$\text{Peso acabados} = (5,18 \times 100) / 4 = 129,50 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso viga} = 0,40 \times 0,25 \times 2\,400 = 210,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga muerta} = 650,30 \text{ kg/m}$$

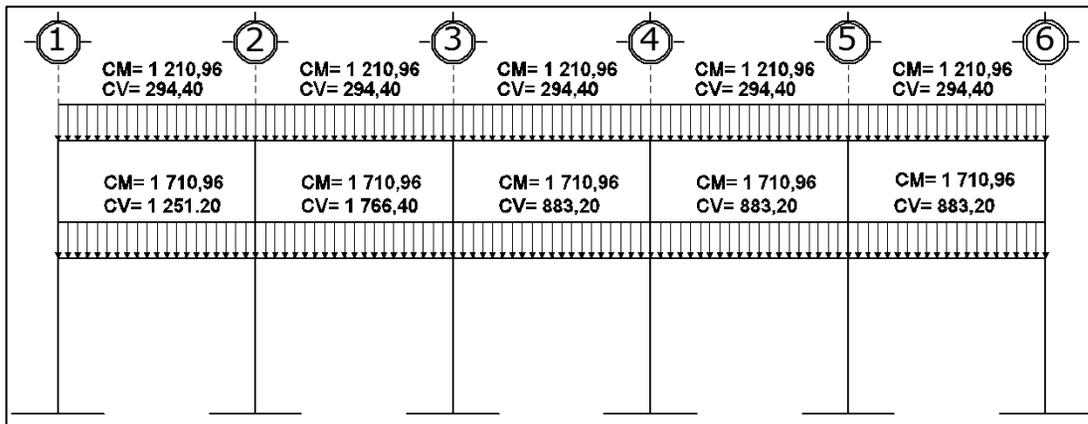
$$\text{Peso carga viva} = (5,18 \times 100) / 4 = 129,5 \text{ kg/m}$$

Figura 5. **Carga muerta y carga viva, marco B**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 6. **Carga muerta y carga viva, marco 3**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

#### **2.4.2.3.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles**

Son las fuerzas producidas por el viento, sismos o empujes de tierra, son consideradas como fuerzas horizontales, paralelas a la superficie terrestre. No se integran ambas al mismo tiempo ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan de manera simultánea.

En cuanto a los sismos consisten en perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo, hacen que la estructura sufra desplazamientos de su posición original, lo cual puede traer resultados negativos y catastróficos. Es de vital importancia el diseño sísmico que depende de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente su altura.

La carga sísmica depende del peso de la estructura, se considera que la estructura se mantiene fija en su base, siendo este el punto de aplicación de la fuerza, que se denomina corte basal ( $V$ ) y se transmite a los elementos estructurales, conforme a las rigideces y posición con respecto al centro de rigidez.

Corte basal ( $V$ ), es la fuerza sísmica que el suelo trasmite a la base del edificio, su valor se obtiene de la siguiente fórmula.

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

Donde:

$Z$  = coeficiente zona sísmica, para zona central,  $Z = 1,00$

$I$  = coeficiente de importancia, para instituciones educativas,  $I = 1,30$

T = período

$$T = \frac{0,09 h_n}{\sqrt{D}}$$

$h_n$  = altura total de la estructura

D = distancia horizontal de la estructura

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T_x}}$$

C = coeficiente relacionado al período de vibración de la estructura

$T_x$  = período en sentido X

Sentido X

T = 0,12

C = 0,19

Sentido Y

T = 0,18

C = 0,15

S = factor de interacción suelo – estructura, cuando es desconocido se utiliza el mayor valor permitido, 1,50.

El valor de  $C \times S$  debe ser menor a 0,14, si el producto de ambos coeficientes excede este valor se debe tomar 0,14.

Sentido X

$$C = 0,19 \times 1,50 = 0,27 > 0,14 \text{ usar } 0,14$$

Sentido Y

$$C = 0,15 \times 1,50 = 0,22 > 0,14 \text{ usar } 0,14$$

K = coeficiente sistema estructural, para marcos dúctiles espaciales

$$K = 0,67$$

W = carga muerta total de la estructura + 25% de carga viva, la cual se obtiene de la siguiente manera.

Segundo nivel

Losa	= $300 \times 0,10 \times 2\,400$	= 72 000,00 kg
Vigas	= $0,40 \times 0,25 \times 160,6 \times 2\,400$	= 33 726,00 kg
Columnas	= $(3 \times 0,30 \times 0,30 \times 2\,400)24$	= 15 552,00 kg
Acabados	= $300 \times 100$	= 30 000,00 kg
Carga viva (techo)	= $300 \times 100 \times 25\%$	= 7 500,00 kg
Peso total segundo nivel		= 158 778,00 kg

Primer nivel

Losa	= $300 \times 0,10 \times 2\,400$	= 72 000,00 kg
Vigas	= $0,40 \times 0,25 \times 160,6 \times 2\,400$	= 33 726,00 kg
Columnas	= $(4 \times 0,30 \times 0,30 \times 2\,400)24$	= 20 736,00 kg
Acabados	= $300 \times 100$	= 30 000,00 kg
Muros	= $3 \times 103,01 \times 100$	= 30 930,00 kg
Carga viva (aulas)	= $120 \times 300 \times 25\%$	= 9 000,00 kg

Carga viva (pasillos)	= 60 × 500 × 25%	= 10 000,00 kg
Carga viva (bodegas)	= 60 × 600 × 25%	= 9 000,00 kg
Carga viva (oficina)	= 40 × 250 × 25%	= 2 500,00 kg
Peso total primer nivel		= 217 892,00 kg
Peso total de la estructura	= 376 670,00 kg	

Por lo que el valor del corte basal es:

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

$$V_{x,y} = 1 \times 1,30 \times 0,14 \times 1,50 \times 0,67 \times 376 670,00 = 68 896,7 \text{ kg}$$

Fuerza por nivel  $F_i$ , es la fuerza que se transmite del corte basal hacia los distintos niveles de la estructura.

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

Donde:

$F_t$  = fuerza en la cúspide igual a 0, cuando el período de vibración < 0,25

$W_i$  = peso de nivel " i "

$H_i$  = altura de nivel " i "

$$F_{1x} = F_{1y} = \frac{(68 896,70 - 0)(4 \times 158 778,00)}{(4 \times 158 778,00 + 7 \times 217 892,00)} = 30 281,26 \text{ kg}$$

$$F_{2x} = F_{2y} = \frac{(68 896,70 - 0)(7 \times 217 892,00)}{(4 \times 158 778,00 + 7 \times 217 892,00)} = 38 615,44 \text{ kg}$$

Se debe chequear que la suma de las fuerzas F1 y F2 sea igual al corte basal.

$$F1 + F2 = V 30 281,26 + 38 615,44 = 68 896,70 \text{ kg}$$

- Fuerzas por marco

La distribución de cargas sísmicas depende de la simetría estructural, si hay excentricidad entre el centro de rigidez y el centro de masa, la capacidad torsional del edificio se ve afectada, los marcos con mayor excentricidad, reciben una fuerza de marco ( $F_m$ ) mayor, a los de menor excentricidad. Por ello deberán ser diseñados para soportar mayores cargas sísmicas. Si no hay excentricidad, la fuerza de piso se divide dentro del número de marcos paralelos a esta fuerza.

Tomando en cuenta que todas las columnas poseen la misma rigidez ya que poseen las mismas características geométricas, se asume un valor de  $K$ , como variable, considerando que la posición del centro de rigidez depende de la rigidez relativa de cada marco, por lo tanto:

$$CR = \frac{\sum K_{ma} \times D}{\sum K_{ma}}$$

Donde:

CR = centro de rigidez

$K_{ma}$  = rigidez en marcos

D = distancia

La distancia se mide respecto al origen de las coordenadas en cuestión.

Tabla III. Centros de rigidez

Centro de rigidez en X, niveles 1 y 2				Centro de rigidez en Y, niveles 1 y 2			
Marco	Xi	Ki	KiXi	Marco	Yi	Ki	KiYi
1	0	4K	0K	A	12	6K	56K
2	5	4K	15K	B	8	6K	21K
3	10	4K	30K	C	4	6K	0K
4	15	4K	45K	D	0	6K	
5	20	4K	60K				
6	25	4K	75K				
	Total	24K	300K		Total	24K	144K

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Excel 2010.

Calculando los centros de rigideces medidos desde el origen.

$$CR_x = 300K / 24K = 12,50 \text{ m}$$

$$CR_y = 144K / 24K = 6,00 \text{ m}$$

$$CM = \frac{D}{2}$$

Donde:

CR = centro de rigidez

CM = centro de masa

e = excentricidad

Marco típico sentido X

$$CM_x = \frac{25}{2} = 12,50$$

$$e_x = |C_{Rx} - C_{Mx}| = |12,5 - 12,5| = 0$$

$$e_{min} = 0,05 \times h = 0,05 \times 7 = 0,35$$

$e_x < e_{min}$  , por lo que se considera que no existe torsión en el sentido X.

Marco típico sentido

$$C_{My} = \frac{12}{2} = 6,00$$

$$e_y = |C_{Ry} - C_{My}| = |6 - 6| = 0$$

$$e_{min} = 0,05 \times h = 0,05 \times 7 = 0,35$$

$e_y < e_{min}$ , por lo que se considera que no existe torsión en el sentido Y.

Como se puede observar no existe excentricidad en ninguno de los 2 sentidos, por lo tanto la fuerza de piso se obtiene dividiendo la misma dentro del número de marcos paralelos a esta fuerza.

La fuerza que actúa en cada marco y en cada nivel se encuentra de la siguiente manera:

$$P_n = \frac{F_i}{N_{ma}}$$

Donde:

$P_n$  = fuerza actuante en marco

$N_{ma}$  = número de marcos

$F_i$  = fuerza por nivel

Sentido X

Primer nivel,  $F_{i1x} = 30\,916,36 \text{ kg}$

Segundo nivel,  $F_{i2x} = 39\,742,88 \text{ kg}$

Ahora se divide por el número de marcos para encontrar la fuerza actuante de marco.

Primer nivel,

$$P_{n1} = \frac{30\,916,36}{4} = 7\,729,09 \text{ kg}$$

Segundo nivel

$$P_{n2} = \frac{39\,742,88}{4} = 9\,935,72 \text{ kg}$$

Sentido Y

Primer nivel,  $F_{i1y} = 30\,916,36 \text{ kg}$

Segundo nivel,  $F_{i2y} = 39\,742,88 \text{ kg}$

Ahora se divide por el número de marcos para encontrar la fuerza actuante de marco.

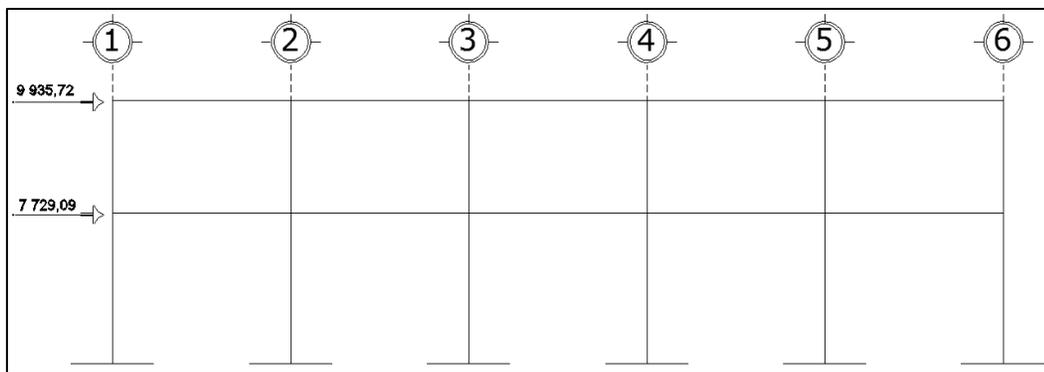
Primer nivel,

$$P_{n1} = \frac{30\,916,36}{6} = 5\,152,73 \text{ kg}$$

Segundo nivel

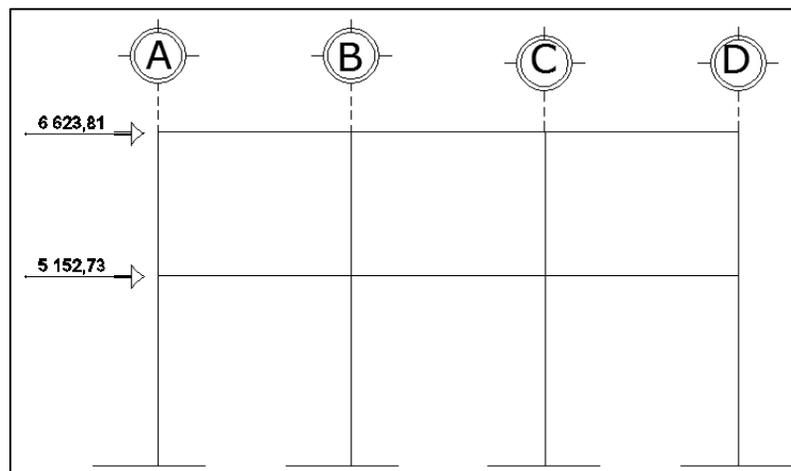
$$P_{n2} = \frac{39\,742,88}{6} = 6\,623,81 \text{ kg}$$

Figura 7. Fuerzas por marco en eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 8. Fuerzas por marco en eje Y

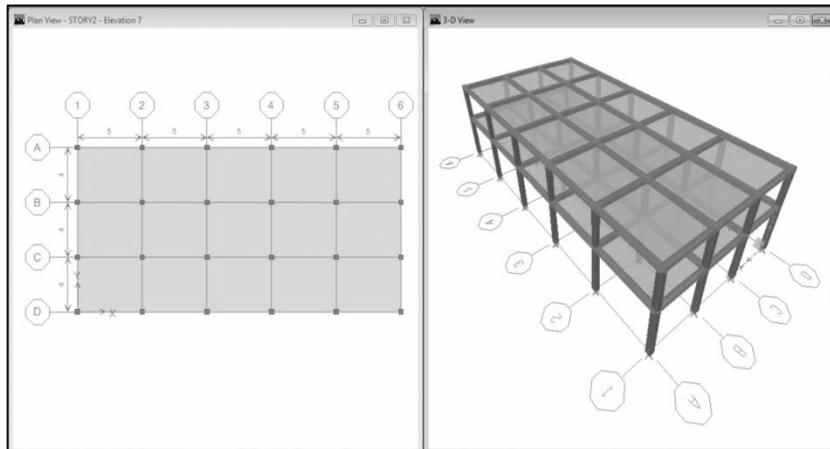


Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

### 2.4.2.3.3. Análisis de marcos dúctiles utilizando software (ETABS) y comprobación por medio de un método de análisis numérico (Kanni)

Es un software que trabaja dentro de un sistema de datos integrados. El concepto básico es modular una estructura, analizarla y obtener resultados, éste trabaja con un método matricial, toma en cuenta las propiedades mecánicas de cada material. Esta interface fue utilizada para el análisis de la estructura en estudio, y a manera de comprobación se analizó la misma con el método de análisis aproximado Kanni, los resultados de ambos métodos variaron en un margen del 7 por ciento.

Figura 9. **Modulación del edificio en ETABS**



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS 9.2.

Para efectos de diseño se utilizarán los resultados obtenidos por el método de análisis numérico Kanni.

A continuación, se presenta el procedimiento de la iteración de un ciclo de momentos, para carga muerta en marco dúctil sentido “Y”, con el método de análisis aproximado Kanni,

- Cálculo de momentos fijos ( $MF_{ik}$ )

Para cargas uniformemente distribuidas  $MF = \pm WL^2 / 12$

$$MF_{BE} = - (1\ 050,30 \times 4^2) / 12 = - 1\ 400,40 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EB} = (1\ 050,30 \times 4^2) / 12 = 1\ 400,40 \text{ kg-m}$$

$$MF_{CD} = - (650,30 \times 4^2) / 12 = - 867,06 \text{ kg-m}$$

$$MF_{DC} = (650,30 \times 4^2) / 12 = 867,06 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EH} = - (1\ 050,30 \times 4^2) / 12 = - 1\ 400,40 \text{ kg-m}$$

$$MF_{HE} = (1\ 050,30 \times 4^2) / 12 = 1\ 400,40 \text{ kg-m}$$

$$MF_{DI} = - (650,30 \times 4^2) / 12 = - 867,06 \text{ kg-m}$$

$$MF_{ID} = (650,30 \times 4^2) / 12 = 867,06 \text{ kg-m}$$

$$MF_{HK} = - (1\ 050,30 \times 4^2) / 12 = - 1\ 400,40 \text{ kg-m}$$

$$MF_{KH} = (1\ 050,30 \times 4^2) / 12 = 1\ 400,40 \text{ kg-m}$$

$$MF_{IJ} = - (650,30 \times 4^2) / 12 = - 867,06 \text{ kg-m}$$

$$MF_{JI} = (650,30 \times 4^2) / 12 = 867,06 \text{ kg-m}$$

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

$$\text{Nudo B} = MF_{AB} + MF_{BE} + MF_{BC} = 0 + (- 1\ 400,40) + 0 = - 1\ 400,40 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo C} = MF_{CB} + MF_{CD} = 0 + (- 867,06) = - 867,06 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo D} = MF_{DC} + MF_{DE} + MF_{CD} = 867,06 + 0 + (- 867,06) = 0 \text{ kg-m}$$

$$\begin{aligned} \text{Nudo E} &= MF_{EB} + MF_{EF} + MF_{ED} + MF_{EH} = 1\ 400,40 + 0 + 0 + (- 1\ 400,40) \\ &= 0 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nudo H} &= MF_{HE} + MF_{HG} + MF_{HI} + MF_{HK} = 1\,400,40 + 0 + 0 + (-1\,400,40) \\ &= 0 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\text{Nudo D} = MF_{ID} + MF_{IH} + MF_{IJ} = 867,06 + 0 + (-867,06) = 0 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo K} = MF_{KH} + MF_{KJ} + MF_{KL} = 1\,400,40 + 0 + 0 = 1\,400,40 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo J} = MF_{JI} + MF_{JK} = 867,06 + 0 = 867,06 \text{ kg-m}$$

- Factores de giro  $\mu_{ik} = -1/2 (K_{IK} / \sum K_{in})$

Se debe encontrar las rigideces de los elementos  $K_{IK} = I / L_{IK}$ ,  $I = (b \times h^3) / 12$

Inercias relativas

$$I_{VIGA} = 0,000893 \text{ m}^4$$

$$I_{COL} = 0,000675 \text{ m}^4$$

$$I_{VIGA_r} = I_{VIGA} / I_{COL} = 0,000893 / 0,000675 = 1,323$$

$$I_{COL} = 1$$

Rigideces

Columnas

$$K_{AB} = K_{EF} = K_{GH} = K_{KL} = 0,25$$

$$K_{BC} = K_{DE} = K_{HI} = K_{JK} = 0,33$$

Vigas

$$K_{BE} = K_{CD} = K_{DI} = K_{EH} = K_{IJ} = K_{HK} = 0,330826$$

Giro

Nudo A

$$\mu_{AB} = - 1/2 K_{AB} / (K_{A-SUELO} + K_{AB}) = 0$$

Nudo B

$$\begin{aligned}\mu_{BA} &= - 1/2 K_{BA} / (K_{BA} + K_{BC} + K_{BE}) \\ &= -1/2 \times 0,25 / (0,3308 + 0,25 + 0,333) = - 0,1367\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{BC} &= - 1/2 K_{BC} / (K_{BA} + K_{BC} + K_{BE}) \\ &= -1/2 \times 0,333 / (0,25 + 0,25 + 0,3308) = - 0,1823\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{BE} &= - 1/2 K_{BE} / (K_{BA} + K_{BC} + K_{BE}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,25 + 0,25 + 0,333) = - 0,1809\end{aligned}$$

Nudo C

$$\begin{aligned}\mu_{CB} &= - 1/2 K_{CB} / (K_{CB} + K_{CD}) \\ &= -1/2 \times 0,333 / (0,333 + 0,3308) = - 0,2509\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{CD} &= - 1/2 K_{BC} / (K_{CB} + K_{CD}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,333 + 0,3308) = - 0,2490\end{aligned}$$

Nudo E

$$\begin{aligned}\mu_{EB} &= - 1/2 K_{EB} / (K_{EB} + K_{EF} + K_{ED} + K_{EH}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,3308 + 0,25 + 0,333 + 0,3308) = - 0,1328\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{EF} &= - 1/2 K_{EF} / (K_{EB} + K_{EF} + K_{ED} + K_{EH}) \\ &= -1/2 \times 0,25 / (0,3308 + 0,25 + 0,333 + 0,3308) = - 0,1004\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{ED} &= - 1/2 K_{ED} / (K_{EB} + K_{EF} + K_{ED} + K_{EH}) \\ &= -1/2 \times 0,333 / (0,3308 + 0,25 + 0,333 + 0,3308) = - 0,1338\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{EH} &= -1/2 K_{EH} / (K_{EB} + K_{EF} + K_{ED} + K_{EH}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,3308 + 0,25 + 0,333 + 0,3308) = -0,1328\end{aligned}$$

Nudo D

$$\begin{aligned}\mu_{DI} &= -1/2 K_{DI} / (K_{DI} + K_{DE} + K_{DC}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,3308 + 0,333 + 0,3308) = -0,1662 \\ \mu_{DE} &= -1/2 K_{DE} / (K_{DI} + K_{DE} + K_{DC}) \\ &= -1/2 \times 0,333 / (0,3308 + 0,333 + 0,3308) = -0,1675 \\ \mu_{DC} &= -1/2 K_{DC} / (K_{DI} + K_{DE} + K_{DC}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,3308 + 0,333 + 0,3308) = -0,1662\end{aligned}$$

Nudo I

$$\begin{aligned}\mu_{ID} &= -1/2 K_{ID} / (K_{ID} + K_{IJ} + K_{IH}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,3308 + 0,3308 + 0,333) = -0,1662 \\ \mu_{IJ} &= -1/2 K_{ID} / (K_{ID} + K_{IJ} + K_{IH}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,3308 + 0,3308 + 0,333) = -0,1662 \\ \mu_{IH} &= -1/2 K_{ID} / (K_{ID} + K_{IJ} + K_{IH}) \\ &= -1/2 \times 0,3333 / (0,3308 + 0,3308 + 0,333) = -0,1675\end{aligned}$$

Nudo H

$$\begin{aligned}\mu_{HI} &= -1/2 K_{HI} / (K_{HI} + K_{HG} + K_{HE} + K_{HK}) \\ &= -1/2 \times 0,3333 / (0,3333 + 0,25 + 0,3308 + 0,3308) = -0,1338 \\ \mu_{HG} &= -1/2 K_{HG} / (K_{HI} + K_{HG} + K_{HE} + K_{HK}) \\ &= -1/2 \times 0,25 / (0,3333 + 0,25 + 0,3308 + 0,3308) = -0,1004 \\ \mu_{HE} &= -1/2 K_{HE} / (K_{HI} + K_{HG} + K_{HE} + K_{HK}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,3333 + 0,25 + 0,3308 + 0,3308) = -0,1328\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{HK} &= -1/2 K_{HK} / (K_{HI} + K_{HG} + K_{HE} + K_{HK}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,3333 + 0,25 + 0,3308 + 0,3308) = -0,1328\end{aligned}$$

Nudo J

$$\begin{aligned}\mu_{JK} &= -1/2 K_{JK} / (K_{JK} + K_{JI}) \\ &= -1/2 \times 0,333 / (0,333 + 0,3308) = -0,2509 \\ \mu_{JI} &= -1/2 K_{JI} / (K_{JK} + K_{JI}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,333 + 0,3308) = -0,2490\end{aligned}$$

Nudo K

$$\begin{aligned}\mu_{KH} &= -1/2 K_{KH} / (K_{KH} + K_{KL} + K_{KJ}) \\ &= -1/2 \times 0,3308 / (0,3308 + 0,25 + 0,333) = -0,1809 \\ \mu_{KL} &= -1/2 K_{KL} / (K_{KH} + K_{KL} + K_{KJ}) \\ &= -1/2 \times 0,25 / (0,3308 + 0,25 + 0,333) = -0,1367 \\ \mu_{KJ} &= -1/2 K_{KJ} / (K_{KH} + K_{KL} + K_{KJ}) \\ &= -1/2 \times 0,333 / (0,3308 + 0,25 + 0,333) = -0,1823\end{aligned}$$

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

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

Primera iteración

Nudo B

$$\begin{aligned}M'_{BA} &= \mu_{BA} [M_{SB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB})] \\ &= -0,1367 [-1400,40 + (0 + 0)] = 191,487\end{aligned}$$

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

$$= - 0,1809 [- 1 400,40 + (0 + 0)] = 253,396$$

$$M'_{BC} = \mu_{BC} [M_{SB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{EB})]$$

$$= - 0,1823 [- 1 400,40 + (0 + 0)] = 255,317$$

Nudo C

$$M'_{CB} = \mu_{CB} [(M_{SC} + (M'_{BC} + M'_{DC}))]$$

$$= - 0,2509 [- 867,067 + (255,317 + 0)] = 153,515$$

$$M'_{CD} = \mu_{CD} [M_{SC} + (M'_{BC} + M'_{DC})]$$

$$= - 0,2490 [- 867,067 + (255,317 + 0)] = 152,360$$

Nudo D

$$M'_{DC} = \mu_{DC} [M_{SD} + (M'_{CD} + M'_{ED} + M'_{ID})]$$

$$= - 0,1662 [0 + (152,360 + 0 + 0)] = - 25,329$$

$$M'_{DE} = \mu_{DE} [M_{SD} + (M'_{CD} + M'_{ED} + M'_{ID})]$$

$$= - 0,1675 [0 + (152,360 + 0 + 0)] = - 25,521$$

$$M'_{DI} = \mu_{DI} [M_{SD} + (M'_{CD} + M'_{ED} + M'_{ID})]$$

$$= - 0,1662 [0 + (152,360 + 0 + 0)] = - 25,329$$

Nudo I

$$M'_{ID} = \mu_{ID} [M_{SI} + (M'_{DI} + M'_{HI} + M'_{JI})]$$

$$= - 0,1662 [0 + (- 25,329 + 0 + 0)] = 4,211$$

$$M'_{IH} = \mu_{IH} [M_{SI} + (M'_{CD} + M'_{ED} + M'_{ID})]$$

$$= - 0,1675 [0 + (- 25,329 + 0 + 0)] = 4,243$$

$$M'_{IJ} = \mu_{IJ} [M_{SI} + (M'_{CD} + M'_{ED} + M'_{ID})]$$

$$= - 0,1662 [0 + (- 25,329 + 0 + 0)] = 4,211$$

Nudo J

$$\begin{aligned}M'_{JI} &= \mu_{JI} [M_{SJ} + (M'_{IJ} + M'_{KJ})] \\ &= - 0,2490 [867,067 + (4,211 + 0)] = - 216,997\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{JK} &= \mu_{JK} [M_{SJ} + (M'_{IJ} + M'_{KJ})] \\ &= - 0,2509 [867,067 + (4,211 + 0)] = - 218,642\end{aligned}$$

Nudo K

$$\begin{aligned}M'_{KJ} &= \mu_{KJ} [M_{SK} + (M'_{JK} + M'_{LK} + M'_{HK})] \\ &= - 0,1823 [1\ 400,40 + (- 218,64 + 0 + 0)] = - 230,641\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{KL} &= \mu_{KJ} [M_{SK} + (M'_{JK} + M'_{LK} + M'_{HK})] \\ &= - 0,1367 [1\ 400,40 + (- 218,64 + 0 + 0)] = - 161,591\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{KH} &= \mu_{KJ} [M_{SK} + (M'_{JK} + M'_{LK} + M'_{HK})] \\ &= - 0,1809 [1\ 400,40 + (- 218,64 + 0 + 0)] = - 213,834\end{aligned}$$

Nudo H

$$\begin{aligned}M'_{HK} &= \mu_{HK} [M_{SH} + (M'_{KH} + M'_{GH} + M'_{EH} + M'_{IH})] \\ &= - 0,1328 [0 + (-213,834 + 0 + 0 + 0)] = 27,847\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{HG} &= \mu_{HG} [M_{SH} + (M'_{KH} + M'_{GH} + M'_{EH} + M'_{IH})] \\ &= - 0,1004 [0 + (-213,834 + 0 + 0 + 0)] = 21,044\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{HE} &= \mu_{HE} [M_{SH} + (M'_{KH} + M'_{GH} + M'_{EH} + M'_{IH})] \\ &= - 1328 [0 + (-213,834 + 0 + 0 + 0)] = 27,847\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{HI} &= \mu_{HI} [M_{SH} + (M'_{KH} + M'_{GH} + M'_{EH} + M'_{IH})] \\ &= - 0,1338 [0 + (-213,834 + 0 + 0 + 0)] = 28,058\end{aligned}$$

Nudo E

$$\begin{aligned}M'_{EH} &= \mu_{EH} [M_{SE} + (M'_{HE} + M'_{FE} + M'_{BE} + M'_{DE})] \\ &= -0,1328 [0 + (27,847 + 0 + 253,396 - 25,521)] = -33,976\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{EF} &= \mu_{EF} [M_{SE} + (M'_{HE} + M'_{FE} + M'_{BE} + M'_{DE})] \\ &= -0,1004 [0 + (27,847 + 0 + 253,396 - 25,521)] = -2567\end{aligned}$$

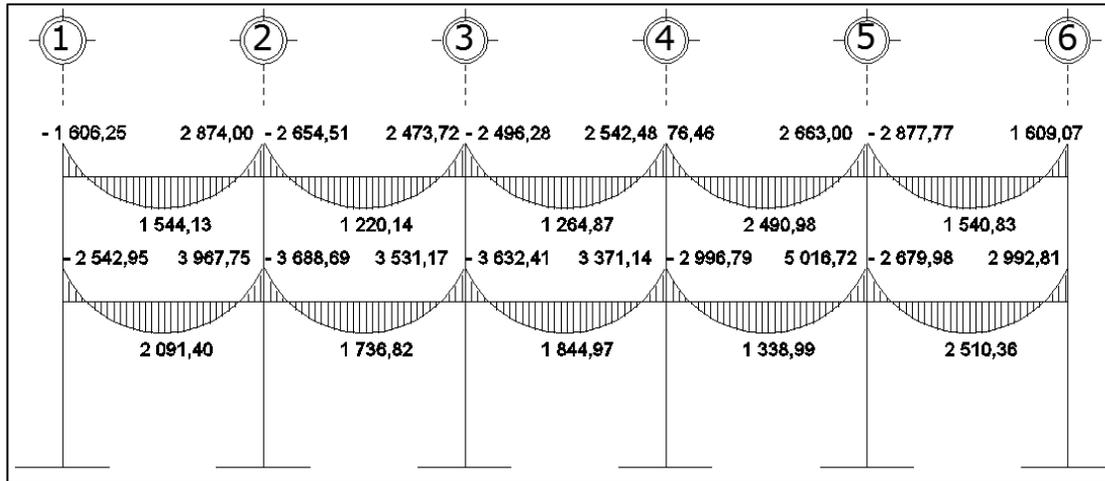
$$\begin{aligned}M'_{ED} &= \mu_{ED} [M_{SE} + (M'_{HE} + M'_{FE} + M'_{BE} + M'_{DE})] \\ &= -0,1338 [0 + (27,847 + 0 + 253,396 - 25,521)] = -34,234\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{EB} &= \mu_{EB} [M_{SE} + (M'_{HE} + M'_{FE} + M'_{BE} + M'_{DE})] \\ &= -0,1328 [0 + (27,847 + 0 + 253,396 - 25,521)] = -33,976\end{aligned}$$

Se realizaron 6 iteraciones para lograr mayor exactitud en el cálculo de los momentos finales, los resultados se encuentran en los diagramas presentados a continuación.

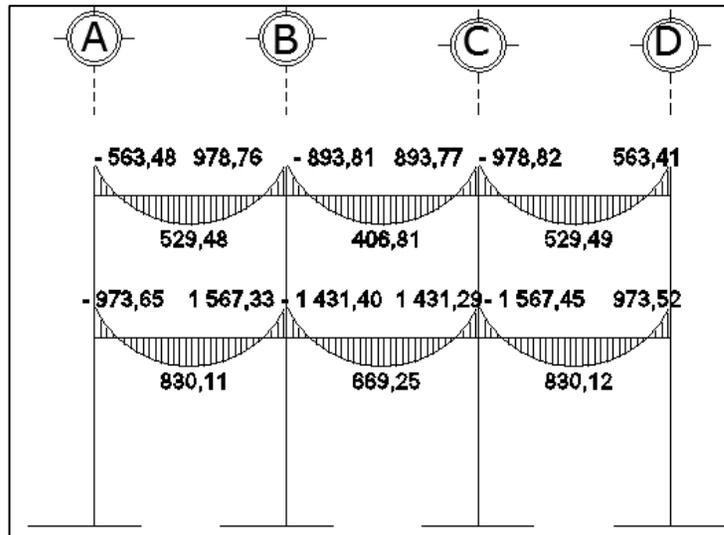


Figura 11. Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje X



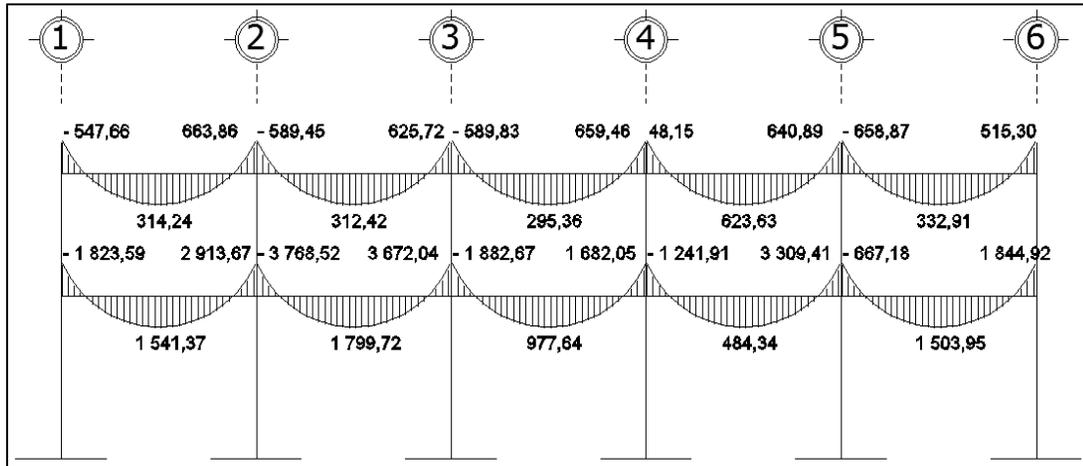
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009

Figura 12. Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje Y



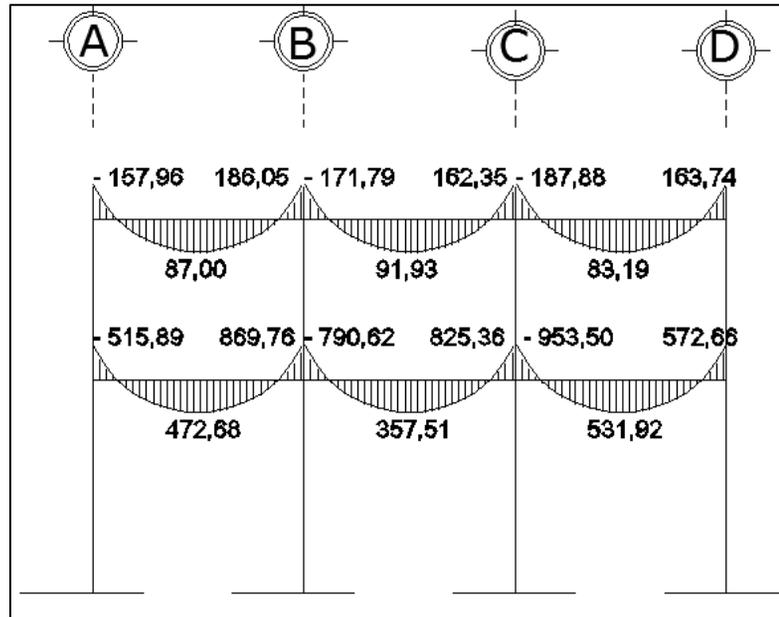
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 13. Diagrama de momentos en vigas carga viva eje X



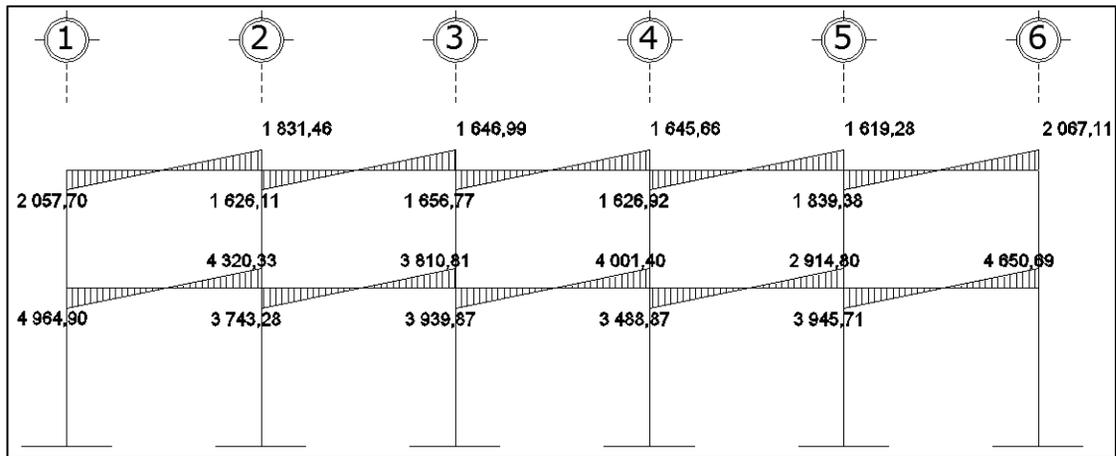
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 14. Diagrama de momentos en vigas carga viva eje Y



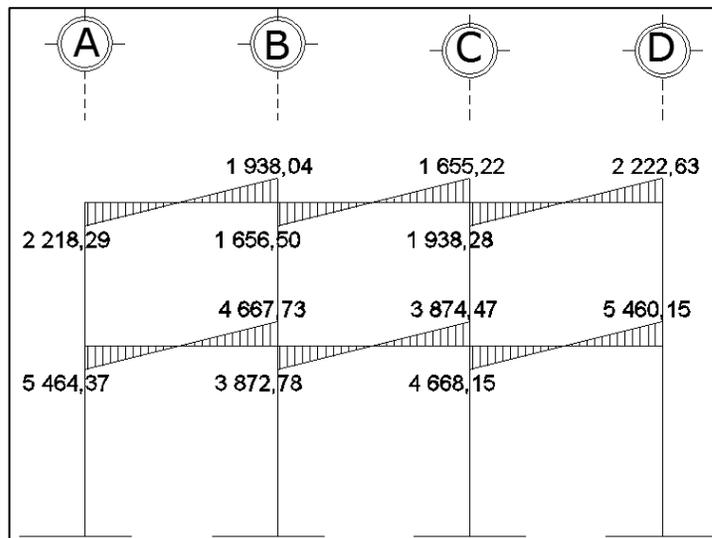
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 15. Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje X



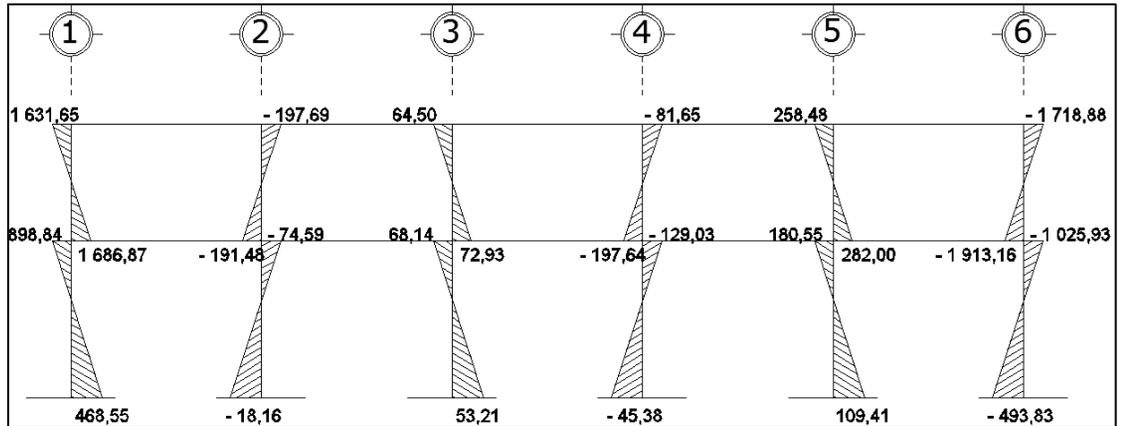
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 16. Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje Y



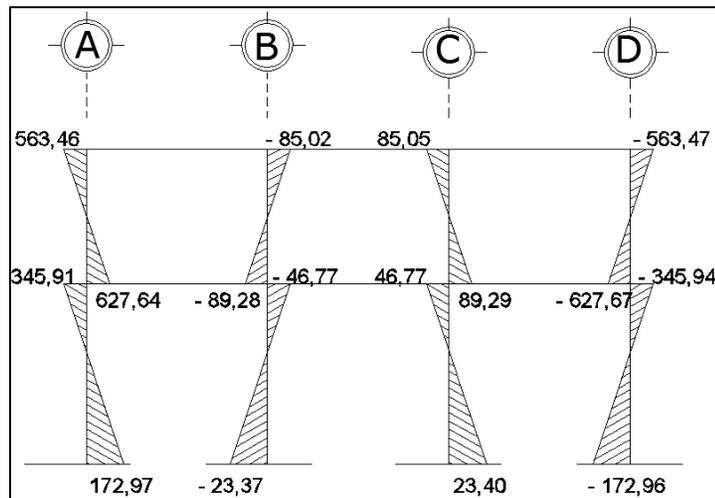
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 17. Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje X



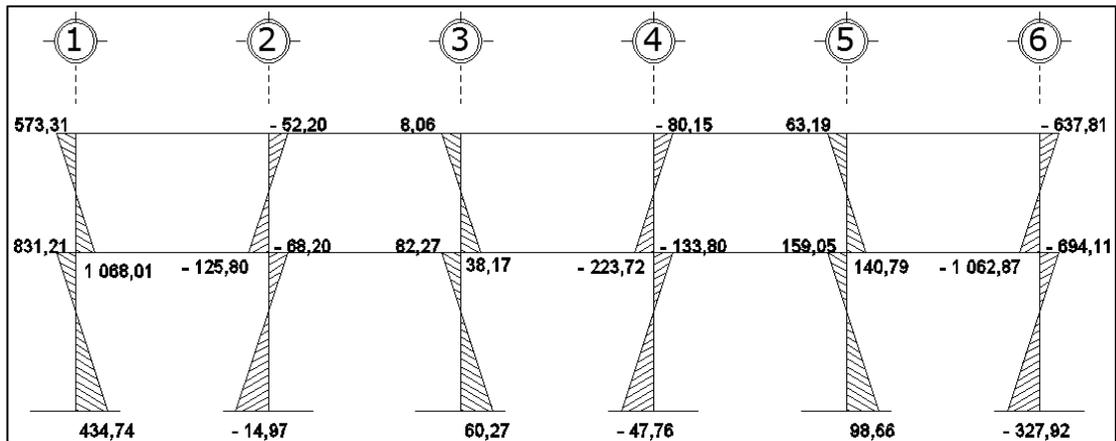
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 18. Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje Y



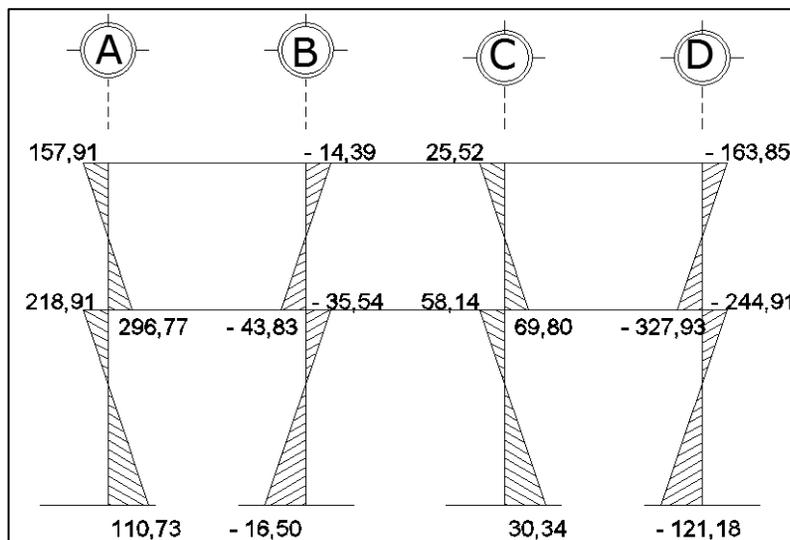
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 19. Diagrama de momentos en columnas carga viva eje X



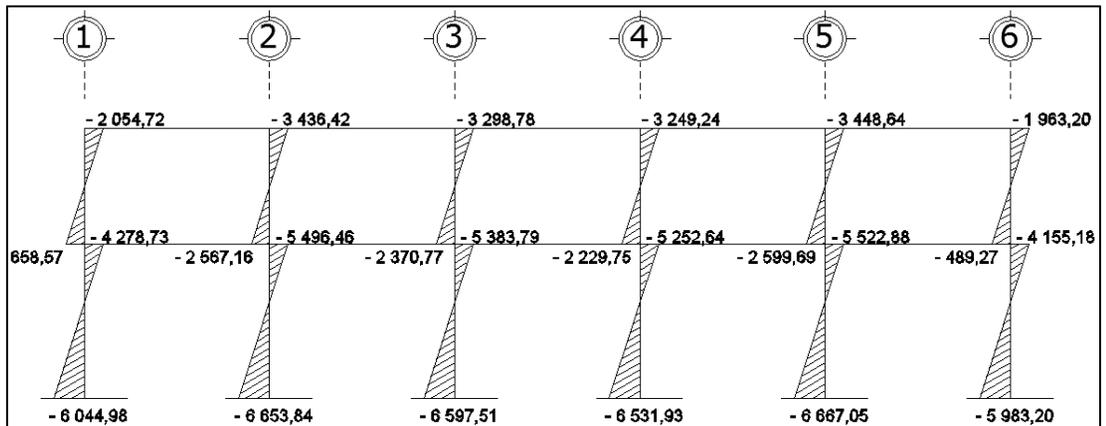
Fuente: elaboración propia, con programa de autocad 2009.

Figura 20. Diagrama de momentos en columnas carga viva eje Y



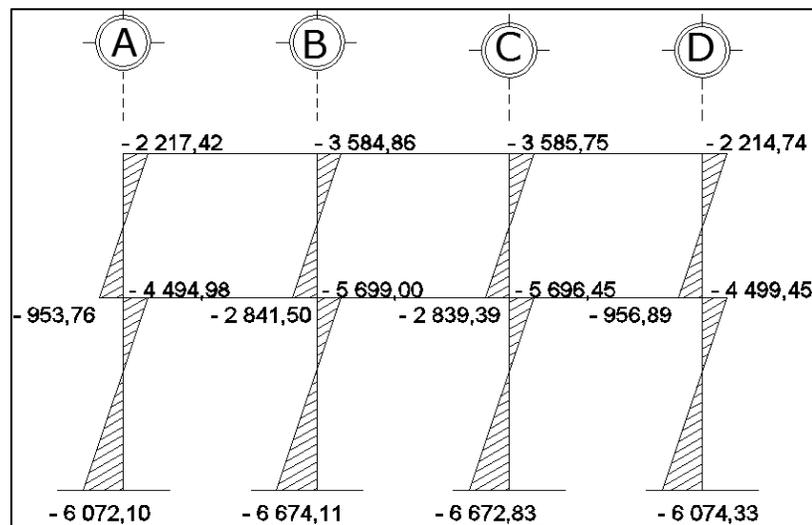
Fuente: elaboración propia, con programa de 2009.

Figura 21. Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 22. Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

### 2.4.2.3.4. Momentos últimos por envolvente de momentos

La envolvente de momentos, es la representación de los esfuerzos máximos que ocurren al superponer los efectos de las cargas muerta, viva, y sismo. De aquí que el código ACI 318-99 propone las siguientes combinaciones.

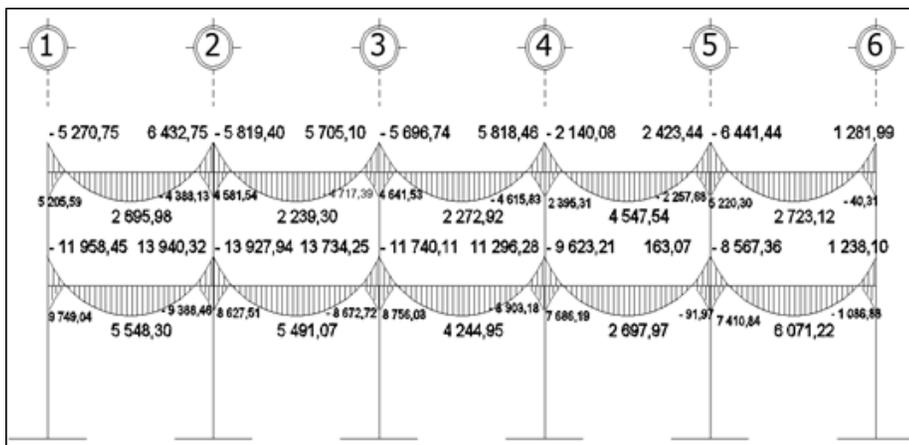
$$M (-) = 0,75 (1,4 MCM + 1,7 MCV \pm 1,87 Ms)$$

$$M (-) = 0,90 MCM \pm 1,43 Ms$$

$$M (+) = 1,4 MCM + 1,7 MCV$$

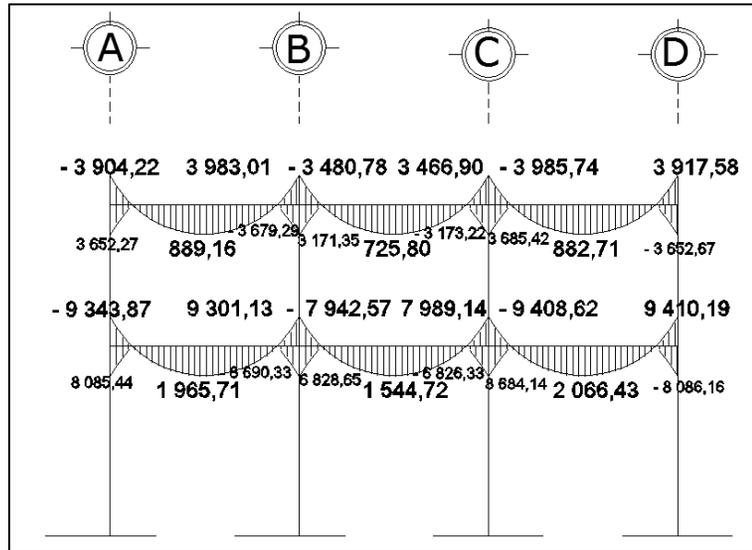
A continuación se muestran los diagramas obtenidos de la envolvente para cada marco.

Figura 23. Diagrama de momentos últimos en vigas eje X



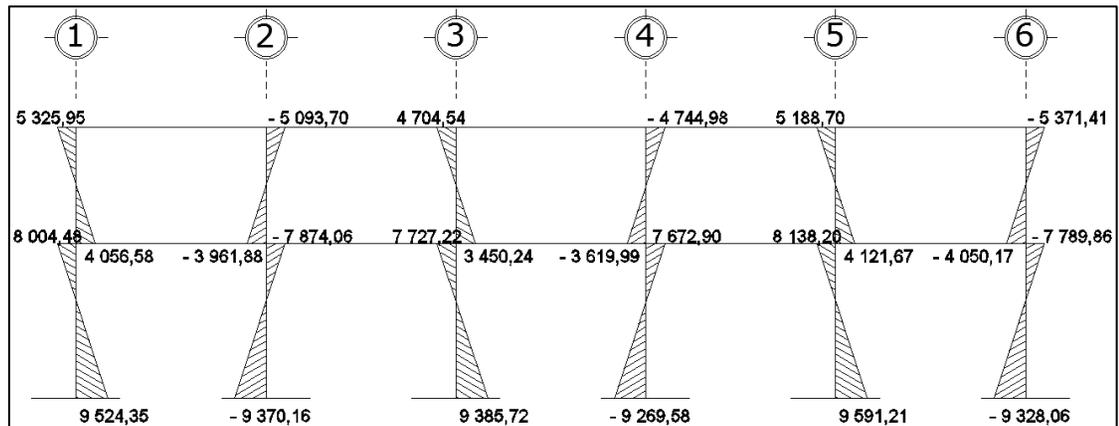
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 24. Diagrama de momentos últimos en vigas eje Y



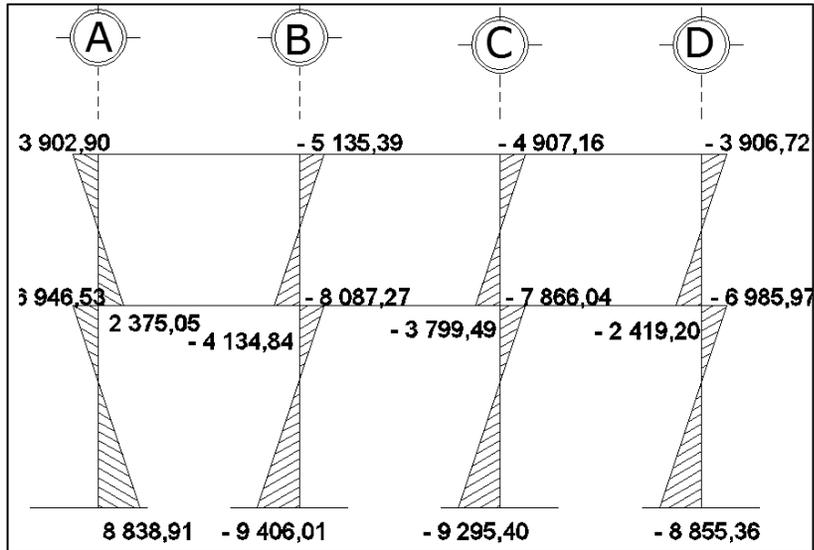
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 25. Diagrama de momentos últimos en columnas eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 26. Diagrama de momentos últimos en columnas eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

#### 2.4.2.3.5. Diagramas de momentos y corte

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

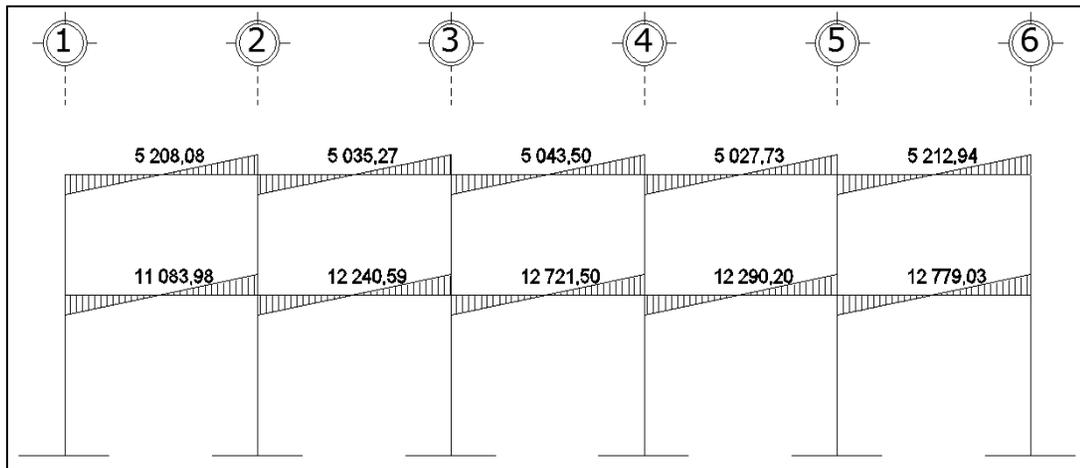
Para el corte en vigas ( $V_v$ ):

$$V_v = 0,75 \left[ \frac{1,4 (WCM \times L)}{2} + \frac{1,7 (WCV \times L)}{2} + \frac{1,87 \sum MS}{L} \right]$$

Para el corte en columnas ( $V_{col}$ ):

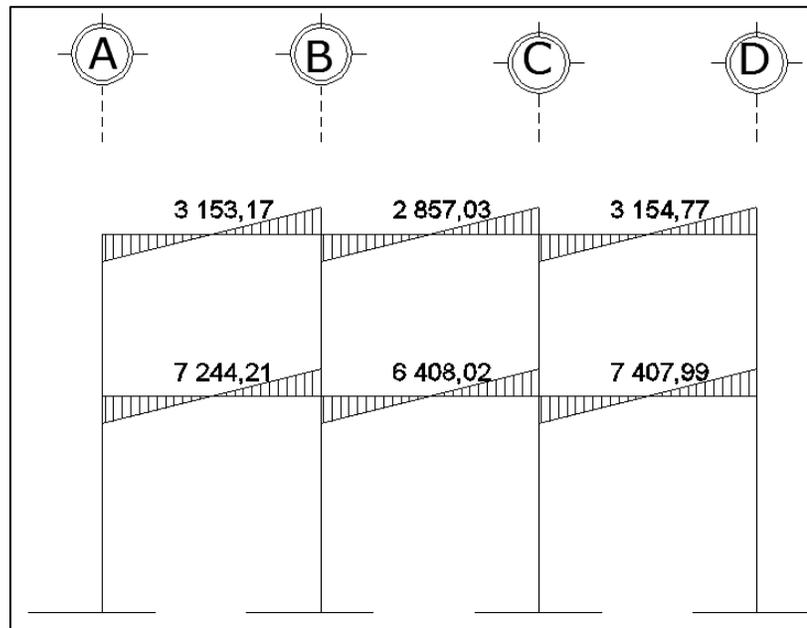
$$V_{col} = \frac{\sum M_{col}}{L}$$

Figura 27. Diagrama de corte en vigas eje X



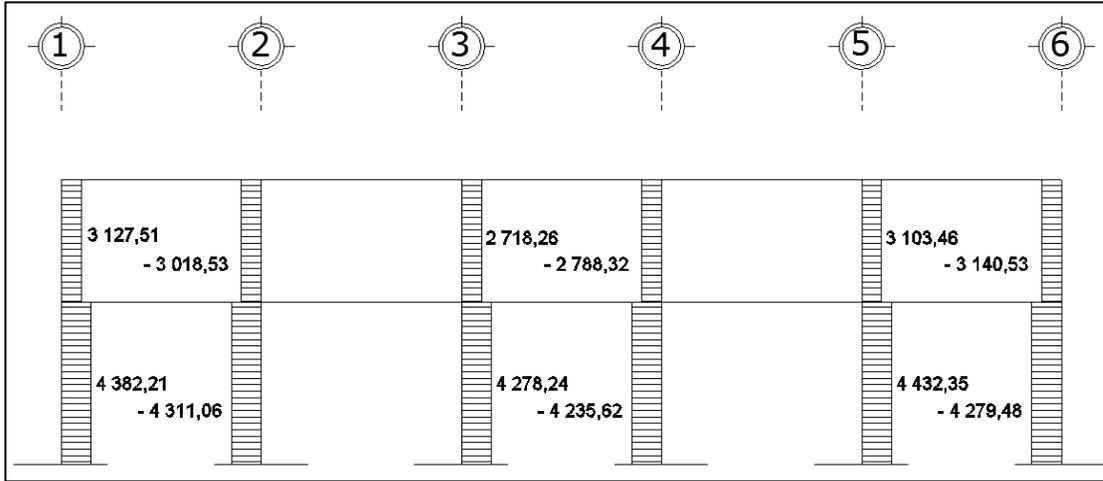
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 28. Diagrama de corte en vigas eje Y



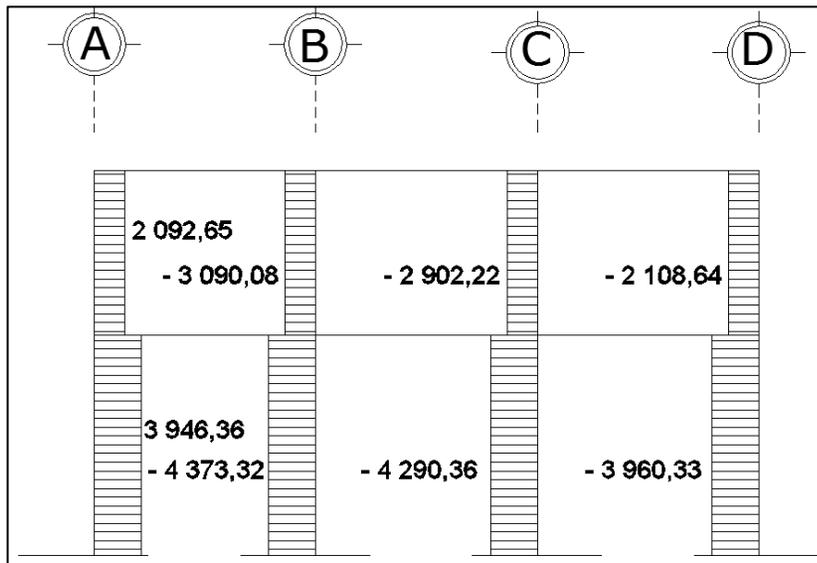
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 29. Diagrama de corte en columnas eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Figura 30. Diagrama de corte en columnas eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

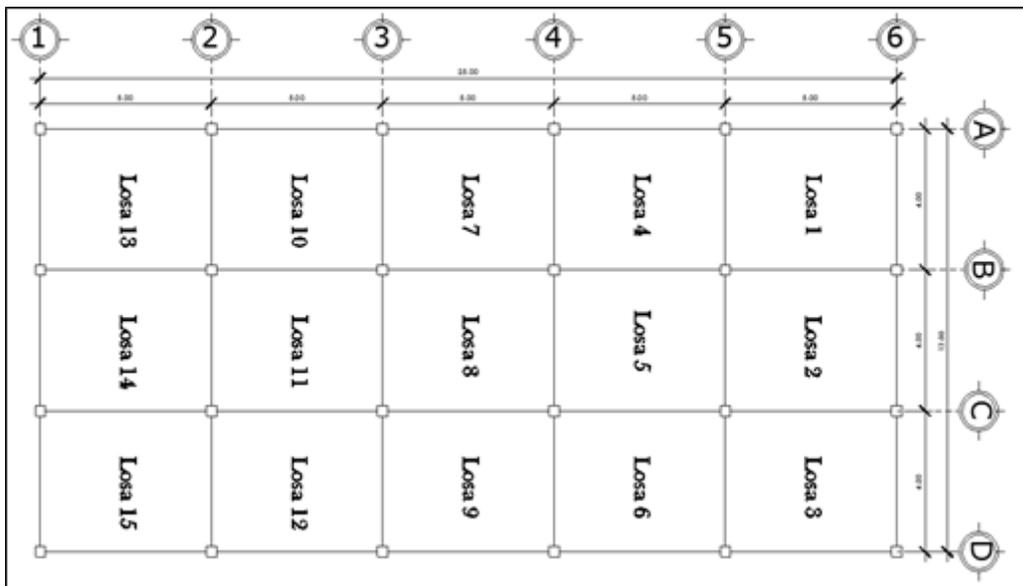
## 2.5. Diseño estructural

El diseño estructural consiste en determinar las características de los elementos que forman la estructura, siendo estas: dimensión, cantidad de refuerzo de acero, forma, etc., necesarios para resistir las cargas analizadas, proporcionando seguridad y vida útil considerable.

### 2.5.1. Losas

Las losas son elementos horizontales que tienen como función transmitir las cargas estáticas y dinámicas, de los objetos y/o personas que se encuentren sobre ellas, hacia vigas, columnas u otros elementos estructurales; para el diseño de las mismas se utilizó el método 3 del ACI 318-99.

Figura 31. Planta de distribución de losas



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Relación de lados de las losas.

$$m = a / b = 4 / 5 = 0,80$$

Por lo tanto las losas serán diseñadas en dos sentidos ya que  $m > 0,5$  en ambos casos, para determinar los casos propuestos por método 3 del ACI.

Análisis de losas del primer nivel

Carga muerta última: peso de losa + sobrecarga

$$CM_u = 1,4 (2\,400 \times 0,10 + 100) = 476,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última: carga viva de aulas

$$CV_u = 1,7 (300) = 510,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última: carga viva de pasillo

$$CV_u = 1,7 (500) = 850,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última: carga viva de bodega

$$CV_u = 1,7 (600) = 1\,020,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última: carga viva de oficina

$$CV_u = 1,7 (250) = 425,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total para aulas

$$CU_t = 476,00 + 510,00 = 986,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total para pasillo

$$CU_t = 476,00 + 850,00 = 1\,326,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total para bodega

$$CU_t = 476,00 + 1\,020,00 = 1\,496,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total para oficina

$$CU_t = 476,00 + 425,00 = 901,00 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de momentos actuantes  $M_{(\pm)}$  para el cálculo de los momentos se utilizarán las siguientes fórmulas.

Momentos negativos

Momentos positivos

$$M_{a(-)} = C_{a-} \times C_{U_t} \times a^2$$

$$M_{a(+)} = C_{a m-} \times C_{M_u} \times a^2 + C_{a v-} \times C_{V_u} \times a^2$$

$$M_{b(-)} = C_{b-} \times C_{U_t} \times b^2$$

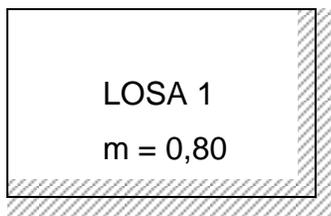
$$M_{b(+)} = C_{b m-} \times C_{M_u} \times b^2 + C_{b v-} \times C_{V_u} \times b^2$$

$C_{b-}$  = coeficiente para momentos negativos

$C_{b m-}$  = coeficiente para momentos positivos debido a carga muerta

$C_{b v-}$  = coeficiente para momentos positivos debido a carga viva

Losa 1, aulas



Caso 4

$$M_{a(-)} = (0,071) (986,00) (4,00^2) = 1\,120,10 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = (0,039) (476,00) (4,00^2) + (0,048) (510,00) (4,00^2) = 688,70 \text{ kg/m}^2$$

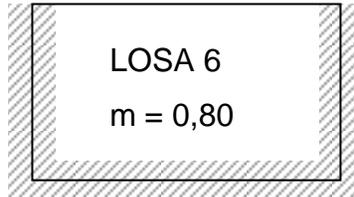
$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{688,70}{3} = 229,57 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(-)} = (0,029) (986,00) (5,00^2) = 714,85 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = (0,016) (476,00) (5,00^2) + (0,020) (510,00) (5,00^2) = 445,40 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{445,40}{3} = 148,47 \text{ kg/m}^2$$

Losa 6, pasillos



Caso 8

$$M_{a(-)} = (0,055) (1\ 326,00) (4,00^2) = 1\ 166,88\ \text{kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = (0,032) (476,00) (4,00^2) + (0,044) (850,00) (4,00^2) = 842,11\ \text{kg/m}^2$$

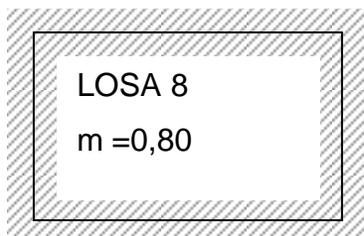
$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{842,11}{3} = 280,70\ \text{kg/m}^2$$

$$M_{b(-)} = (0,041) (1326,00) (5,00^2) = 1\ 359,15\ \text{kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = (0,015) (476,00) (5,00^2) + (0,019) (850,00) (5,00^2) = 582,25\ \text{kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{582,25}{3} = 194,08\ \text{kg/m}^2$$

Losa 8, bodega



Caso 2

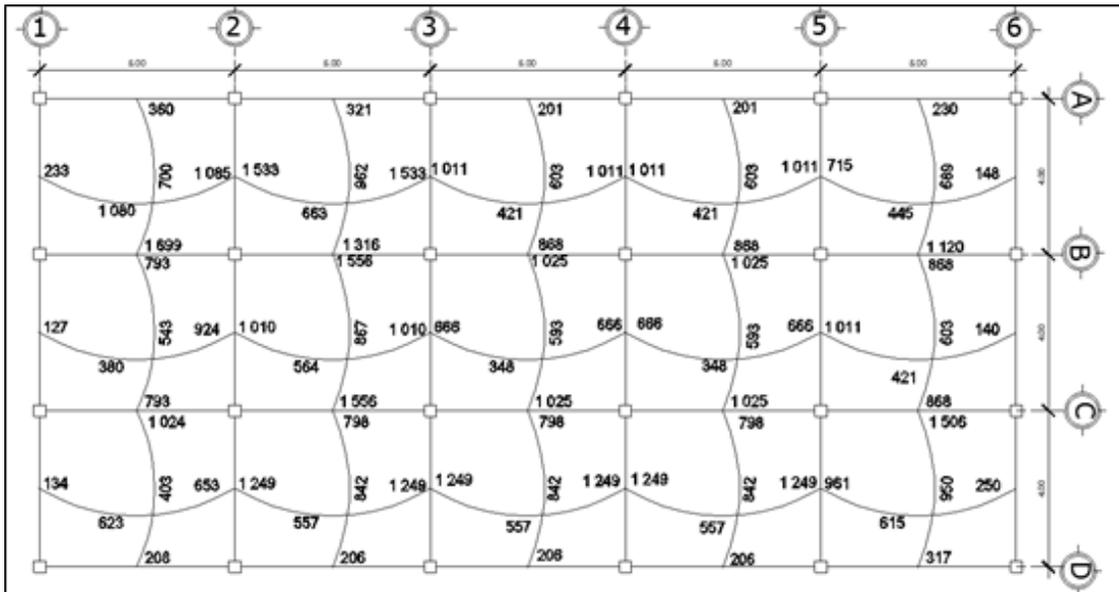
$$M_{a(-)} = (0,065) (1\ 496,00) (4,00^2) = 1\ 555,84\ \text{kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = (0,026) (476,00) (4,00^2) + (0,041) (1\ 020,00) (4,00^2) = 867,14\ \text{kg/m}^2$$

$$M_{b(-)} = (0,027) (1\ 496,00) (5,00^2) = 1\ 009,80\ \text{kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = (0,011) (476,00) (5,00^2) + (0,017) (1\ 020,00) (5,00^2) = 564,40\ \text{kg/m}^2$$

Figura 32. **Planta distribución de momentos en losa**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009

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

- Si  $M_1 > 0,80M_2$  ,  $M_1 < M_2$

$$M_b = (M_2 + M_1) / 2$$

- Si  $M_1 < 0,80M_2$

Se balancean proporcionalmente a su rigidez.

Balanceo de momentos proporcionalmente a su rigidez:

$$K_1 = \frac{1}{L_1} \quad K_2 = \frac{1}{L_2} \quad D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

Donde:

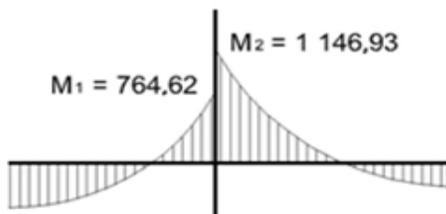
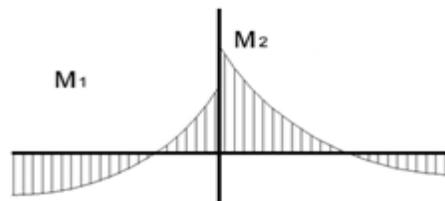
K = rigidez

L = longitud efectiva del momento actuante sobre la losa

D = Coeficiente reductor para el balanceo de momentos

Figura 33. **Balanceo de momentos en losa**

$D_1$	$D_2$
$(M_2 - M_1) D_1 + M_1$	$(M_2 - M_1) D_2 + M_2$
MB	MB



Fuente: elaboración propia.

$$M_2 = 0,80 \times 1\ 011 = 808,52 \text{ kg-m}$$

$$M_1 = 715,00 \text{ kg-m}$$

$M_1 < 0,80 M_2$ , balancear por su rigidez

$$K_1 = \frac{1}{5} = 0,20$$

$$K_2 = \frac{1}{5} = 0,20$$

$$D_1 = \frac{0,20}{0,20 + 0,20} = 0,50$$

$$D_2 = \frac{0,20}{0,20 + 0,20} = 0,50$$

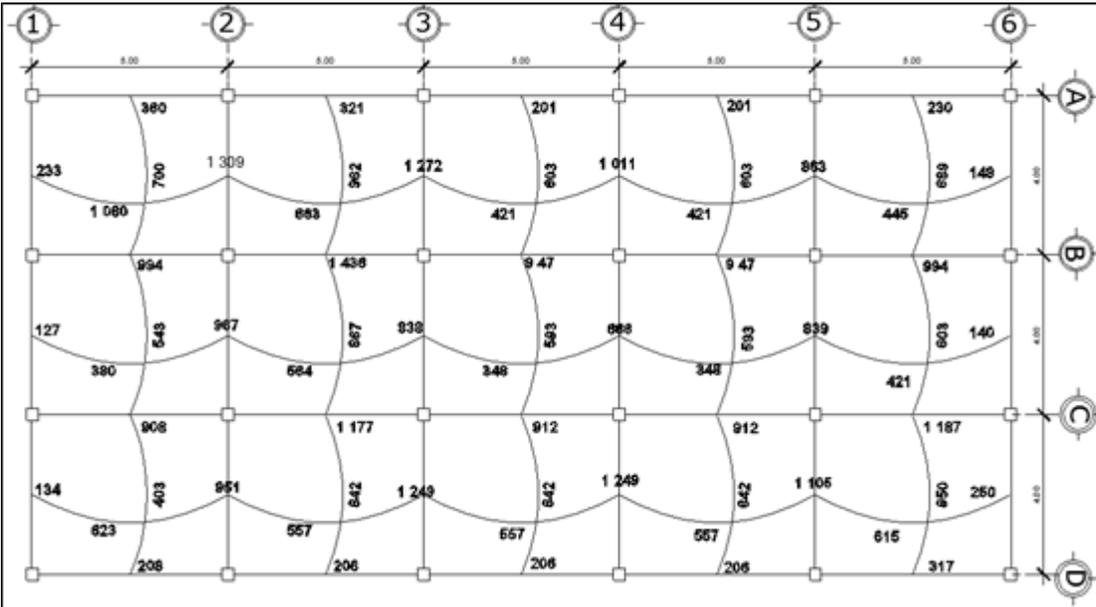
Tabla IV. **Balance de momentos**

$D_1$	$D_2$
$(1\ 011 - 715) 0,50 + 715$	$(1\ 011 - 715) 0,50 - 1\ 011$
862,75 kg	-862,75 kg

Fuente: elaboración propia.

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

Figura 34. **Planta de distribución de momentos balanceados en losa**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Armado de losa: se considera como el diseño de una viga con un ancho unitario de 1,00 metro. Será calculado por franjas en los 2 sentidos, como ejemplo se tomará la franja en sentido Y entre los ejes 2 y 3; con un momento crítico de 1 436 kilogramo por metro.

Se utiliza varilla No 4.

$$d = t - \text{rec} - \varnothing/2$$

$$d = 10 - 2,5 - 1,27/2 = 6,86 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo ( $A_{s_{\min}}$ ) en una losa, se calcula como el área de acero de una viga, usando un ancho unitario de 1,00 metro.

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} bd$$

Donde:

$A_{s_{\min}}$  = acero mínimo, b = base, d = peralte,  $\rho_{\min}$  = cuantía de acero mínimo

$$S = \frac{A_v \times b}{A_{s_{\min}}}$$

Donde:

S = espaciamiento,  $A_v$  = área de varilla

$$S = \frac{1,26 \times 100}{3,44} = 36,62 \text{ cm}^2$$

Tomando en cuenta que en muros y losas, exceptuando las losas nervadas, la separación de la armadura principal por flexión no debe ser mayor de 3 veces el espesor del muro o losa, ni de 500 milímetros, según el ACI 318-99, capítulo 7, sección 7,6,5.

$$S_{\max} = 3t = 3 (10) = 30 \text{ cm}$$

Momento que resiste el área de acero mínima

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0,90 \times 3,44 \times 2\ 8106,86 - 3,44 \times 2\ 8101,7 \times 210 \times 100 = 573,24 \text{ kg-m}$$

Cálculo de área de acero para momentos mayores

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u \times b}{0,003825 \times f'_c}} \right] 0,85 \left( \frac{f'_c}{f_y} \right)$$

Donde:

$A_s$  = área de acero

$b$  = base

$d$  = peralte

$M_u$  = momento último

$f'_c$  = resistencia de a la compresión del concreto

$f_y$  = fluencia del acero

$$A_s = \left[ (100)(6,86) - \sqrt{(100 \times 6,86)^2 - \frac{1436 \times 100}{0,003825 \times 210}} \right] 0,85 \left( \frac{210}{2810} \right) = 8,75 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(1,26)(100)}{8,75} = 14,28 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte

$$V_{\max} = \frac{WL}{2} = \frac{(1426)(5)}{2} = 3740 \text{ kg}$$

$$V_r = 45t \sqrt{f'_c} = 45 \times 10 \sqrt{210} = 6521,12 \text{ kg}$$

Donde:

$V_{\max}$  = corte máximo

$V_r$  = corte resistente

$W$  = peso o carga muerta de estructura

$L$  = longitud

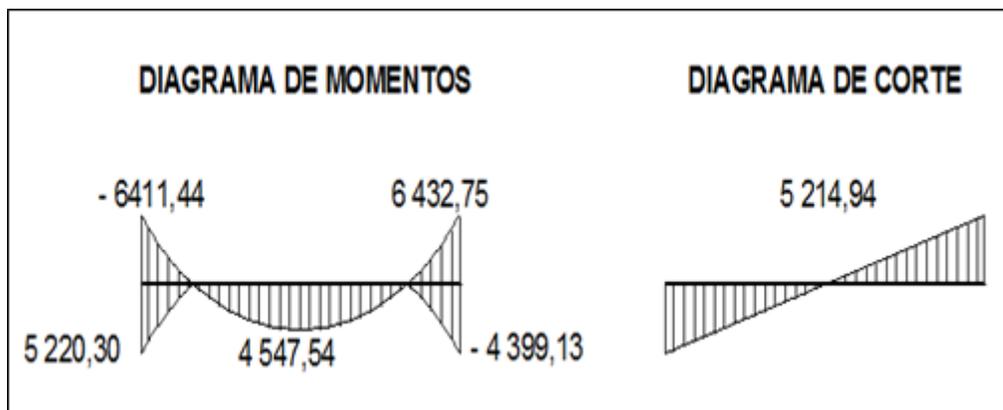
El valor del cortante resistente es mayor al actuante, por lo tanto, es correcto. El armado final se encuentra en apéndice: plano de losa y vigas.

## 2.5.2. Vigas

Las vigas son elementos estructurales horizontales, que reciben la carga de la losa y la transmiten a las columnas, están sometidas a esfuerzos de tensión, compresión y corte.

Como ejemplo, se diseña la viga crítica (análisis de momentos mayores, interior negativo, exterior negativo y momento positivo; de todo el nivel para la conformación de la viga en cuestión) del segundo nivel en sentido X, las dimensiones de la viga serán de 25 centímetros por 40 centímetros.

Figura 35. Diagrama de momentos y corte en viga segundo nivel eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2\ 810} (25) (36) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{bal} = \phi \left( \frac{\beta \times f'c}{f_y} \times \frac{6\,090}{f_y + 6\,090} \right) = 0,85 \left( \frac{0,85 \times 210}{2\,810} \times \frac{6\,090}{2\,810 + 6\,090} \right) = 0,03694$$

Donde:

$\rho_{bal}$  = cuantía de la armadura

$\phi$  = factor de reducción de resistencia

$\beta$  = factor de resistencia, 0,85 para resistencia del concreto hasta 280 kg/cm<sup>2</sup>

$$A_{s_{max}} = 0,50 \times \rho_{bal} \times b \times d = 0,50 \times 0,03694 \times 25 \times 36 = 16,62 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área de acero longitudinal, para los momentos dados

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u \times b}{0,003\,825 \times f'c}} \right] 0,85 \left( \frac{f'c}{f_y} \right)$$

$$M_{(-)} = 6\,411,44 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[ (25)(36) - \sqrt{(25 \times 36)^2 - \frac{6\,411,44 \times 25}{0,003825 \times 210}} \right] 0,85 \left( \frac{210}{2\,810} \right) = 7,12 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)} = 4\,547,54 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[ (25)(36) - \sqrt{(25 \times 36)^2 - \frac{4\,547,54 \times 25}{0,003825 \times 210}} \right] 0,85 \left( \frac{210}{2\,810} \right) = 4,94 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)} = 6\,432,75 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[ (25)(36) - \sqrt{(25 \times 36)^2 - \frac{6\,432,75 \times 25}{0,003825 \times 210}} \right] 0,85 \left( \frac{210}{2\,810} \right) = 7,15 \text{ cm}^2$$

Según el código ACI 318-99, los requerimientos para el armado de la cama superior e inferior se definen de la siguiente manera.

- Cama superior al centro: dos varillas mínimo con las dimensiones siguientes, el mayor de los dos.
  - $A_{smin} = 4,52 \text{ cm}^2$
  - $33\%A_{s(-)} = 2,35 \text{ cm}^2$
  - Colocar  $A_{smin} = 4,52 \text{ cm}^2$
  
- En la cama inferior en apoyos se debe colocar como mínimo dos varillas corridas tomando el mayor:
  - $A_{smin} = 4,52 \text{ cm}^2$
  - $50\%A_{s(-)} = 3,58 \text{ cm}^2$
  - $50\%A_{s(+)} = 2,47 \text{ cm}^2$
  - Colocar  $A_{smin} = 4,52 \text{ cm}^2$

El armado final queda de la siguiente manera.

Cama superior: 4,52 centímetros cuadrados se cubre con 2 varillas corridas No 6 (5,70 cm<sup>2</sup>)

Cama inferior: 4,52 centímetros cuadrados se cubre con 2 varillas corridas No 6 (5,70 cm<sup>2</sup>)

En los momentos donde se necesite más refuerzo se cubrirá con bastones.

Posterior al cálculo de áreas y armado de acero se debe realizar un análisis en el cual se considera la inversión de momentos, mismos que se dan en condiciones sísmicas como una regresión del fenómeno aplicada en los nudos de la estructura, ya que en ocasiones estos podrán ser mayores que los momentos positivos, si así fuera el caso, se debe complementar el área de acero con bastones para poder resistir tales esfuerzos.

- Análisis de momentos de inversión  $M_{(i)}$

$$M_{(i)1} = 5\,220,30 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[ (25)(36) - \sqrt{(25 \times 36)^2 - \frac{5\,220,30 \times 25}{0,003825 \times 210}} \right] 0,85 \left( \frac{210}{2\,810} \right) = 5,72 \text{ cm}^2$$

$$M_{(i)2} = 4\,399,13 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[ (25)(36) - \sqrt{(25 \times 36)^2 - \frac{4\,399,13 \times 25}{0,003825 \times 210}} \right] 0,85 \left( \frac{210}{2\,810} \right) = 4,77 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)} = 4\,547,54 \text{ kg-m} \rightarrow A_s = 4,94 \text{ cm}^2$$

$$M_{(i)1} = 5\,220,30 \text{ kg-m} \rightarrow A_s = 5,72 \text{ cm}^2, \text{ por criterio no es necesario el refuerzo}$$

$$M_{(i)2} = 4\,399,13 \text{ kg-m} \rightarrow A_s = 4,77 \text{ cm}^2, \text{ no es necesario el refuerzo}$$

Refuerzo a corte: los esfuerzos cortantes serán resistidos por el refuerzo transversal o estribos. A esto se le llama confinamiento, debido a que el efecto es mayor en los apoyos.

Si  $V_r > V_{act}$ , colocar estribos por armado a  $S_{m\acute{a}x} = d/2$

Si  $V_r < V_{act}$ , calcular S y longitud de confinamiento

$$V_r = \emptyset \times 0,53 \sqrt{f'_c} (bd) = 0,85 \times 0,53 \sqrt{210} (25 \times 36) = 5\,875,53 \text{ kg}$$

$V_{act} = 5\,212,94 \text{ kg}$ , el esfuerzo resistente es mayor que el actuante, colocar estribos por armado a  $S_{m\acute{a}x} = d/2$

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm, aproximar a } 15 \text{ cm}$$

Para la separación de estribos en zona de confinamiento, según el ACI en su capítulo 21.3.3 el armado debe ser:

- Colocar estribos en extremos del elemento, en una longitud igual a dos veces la altura del elemento.

$$S = 2d = 2 \times 36 = 72 \text{ cm}$$

- El primer estribo debe estar situado a no más de 5 centímetros del borde de columna.

- El espaciamiento máximo de los estribos no debe exceder a:

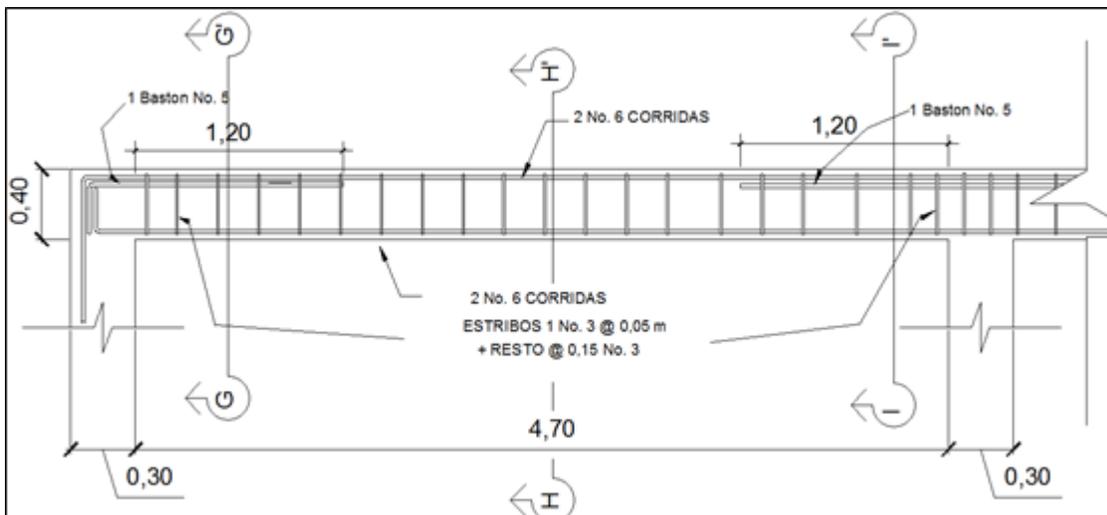
$$d/4 = 31/4 = 7,75 \text{ cm, aproximar a 8 cm}$$

$$8\phi_{\text{var\_long}} = 8 \times 1,58 = 12,64 \text{ cm}$$

$$24\phi_{\text{var\_trans}} = 24 \times 0,953 = 22,88 \text{ cm}$$

30 centímetros

Figura 36. **Detalle de armado de viga segundo nivel eje X**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Tabla V. **Cuadro resumen de armado de vigas**

Viga	Momento	Área de	Armado		Refuerzo
Tipo y sentido	En kg-m	Acero en cm <sup>2</sup>	Cama Superior	Cama Inferior	Acero transversal No 3
			Bastones	Bastones	
Viga V-1 sentido X	13 927,94	17,18	2 No. 7	2 No. 7	ESTRIBOS 1 No. 3 @ 0,05 m + 10 No. 3 @ 0,07 + RESTO @ 0,13 extremos
	6 071,22	6,71			
	13 940,32	17,20	2 No.8	2 No. 6	
Viga V-2 Sentido Y	9 343,87	10,77	2 No. 6	2 No. 7	ESTRIBOS 1 No. 3 @ 0,05 m + 10 No. 3 @ 0,07 + RESTO @ 0,15 extremos
	2 066,43	2,18			
	9 410,19	10,85	2 No. 6	2 No. 7	
Viga V-3 sentido X	6 411,44	7,12	2 No. 6	2 No. 6	ESTRIBOS 1 No. 3 @ 0,05 m + RESTO @ 0,15
	4 547,54	4,94			
	6432,75	7,15	1 No. 5	.....	
Viga V-4 sentido Y	3 904,22	4,22	2 No. 6	2 No. 6	ESTRIBOS 1 No. 3 @ 0,05 m + RESTO @ 0,15 extremos
	889,16	0,93			
	3 983,01	4,30	.....	.....	

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Excel 2010.

### 2.5.3. Columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, esta carga se determina por el área tributaria. Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural. Para diseñar la columna, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en extremos de ésta. Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo.

Diseño de columna de segundo nivel

Sección de columna = 30 cm x 30 cm

Sección de vigas = 25 cm x 40 cm

Longitud de columna = 2,75 m

Área tributaria = 20 m<sup>2</sup>

Momento máximo en X, Mx = 8 138,20 kg-m

Momento máximo en Y, My = 8 087,27 kg-m

Corte máximo en X, Vux = 3 140,53 kg

Corte máximo en Y, Vuy = 3 090,08 kg

Carga última, CU = 1,4CM + 1,7CV

CU = 1,4(340) + 1,7(100) = 646,00 kg/m<sup>2</sup>

Factor de carga última

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

$$FCU = \frac{646}{340 + 100} = 1,46$$

Cálculo de la carga axial:

Pu = (At x CU) + (PP vigas x FCU)

Pu = (20 x 646,00) + (2 400 x 0,25 x 0,40 x 8,40 x 1,46)

Pu = 15 863,40 kg = 15,86 ton

Esbeltez de columnas (E), la esbeltez en una columna está definida por la relación entre la longitud del elemento y su sección transversal. De aquí que se clasifican en corta ( $E < 22$ ), intermedia ( $22 < E < 100$ ), larga ( $E > 100$ ).

$$\Psi = \frac{\sum K_{col}}{\sum K_{vig}}$$

Donde:

$\Psi$  = razón entre rigidez de un elemento a flexión en compresión y la luz del mismo

$K_{col}$  = Rigidez de la columna

$K_{vig}$  = Rigidez de la viga

$$K = \frac{I}{L}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_{col} = \frac{1}{12} \times 0,30 \times 0,30^3 = 0,0006750 \text{ m}^4$$

$$K_{col} = \frac{0,0006750}{2,75} = 0,000250 \text{ m}^3$$

$$I_{vig} = \frac{1}{12} \times 0,25 \times 0,40^3 = 0,001333 \text{ m}^4$$

$$K_{vig} = \frac{0,001333}{5} = 0,000267 \text{ m}^3$$

$$\Psi_a = 0,000250 / (0,000267 + 0,000267) \text{ (extremo superior)}$$

$$\Psi_a = 0,46$$

$$\Psi_b = (0,000250 + 0,000250) / (0,000267 + 0,000267) \text{ (extremo superior)}$$

$$\Psi_b = 0,93$$

$$\Psi_p = (0,46 + 0,93) / 2$$

$$\Psi_p = 0,69$$

Calculo de K (factor de longitud efectiva)

$$K = \frac{(20 - \Psi_p)}{20} \times \sqrt{1 + \Psi_p}, \text{ si } \Psi_p < 2$$

$$K = 0,90\sqrt{1 + \Psi_p}, \text{ si } \Psi_p > 2$$

Como  $\Psi_p < 2$ :

$$K = \frac{(20 - 0,69)}{20} \times \sqrt{1 + 0,69} = 1,25$$

Esbeltez en columna (E)

$$E = \frac{K \times Lu}{\sigma}, \text{ donde } \sigma = 0,30 \times \text{lado}$$

$$\sigma = 0,30 \times 0,30 = 0,09$$

$$E = \frac{1,25 \times 2,75}{0,09} = 38,19$$

38,19 > 22 y < 100; se clasifica como columna intermedia. Según los resultados de esbeltez, se deben magnificar los momentos actuantes.

- Magnificación de momentos

Cuando se hace un análisis estructural de segundo orden, en el cual se toman en cuenta las rigideces reales, los efectos de las deflexiones, los efectos de la duración de la carga y cuyo factor principal a incluir es el momento debido a las deflexiones laterales de los miembros, se pueden diseñar las columnas utilizando directamente los momentos calculados. Por otro lado, si se hace un análisis estructural convencional de primer orden, como en este caso, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos laterales de los miembros, es necesario modificar los valores calculados con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos

de desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI de magnificación de momentos.

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}} \quad \beta_d = \frac{CMU}{C_u} \quad EI = \frac{0,40E_c \times I_g}{(1 + \beta_d)} \quad P_{cr} = \frac{\pi^2 \times EI}{(KL_u)^2}$$

Factor de flujo plástico del concreto ( $\beta_d$ ):

$$\beta_d = \frac{CMU}{C_u} = \frac{340}{646} = 0,52$$

Cálculo del EI total del material

$E_c = 15\,100 \times \sqrt{f'_c}$ , donde:  $E_c$  = módulo de elasticidad del concreto

$$EI = \frac{0,40E_c \times I_g}{(1 + \beta_d)}$$

donde:  $I_g$  = momento de inercia de la sección total del concreto

$$EI = \frac{0,40 \left[ (15\,100 \times \sqrt{210}) \left( \frac{1}{12} \times 30^4 \right) \right]}{(1 + 0,52)} = 3,88 \times 10^9 \text{ kg-cm}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler ( $P_{cr}$ ):

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times EI}{(KL_u)^2} = \frac{\pi^2 \times 388,69}{(1,25 \times 2,75)^2} = 324,65 \text{ ton}$$

Magnificador de momentos,  $\delta > 1$  y  $\phi = 0,70$  si se usan estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{15,86}{0,7 \times 324,65}} = 1,07$$

Por lo que los momentos magnificados serán:

$$Mdy = \delta_y \times Mu = 1,06 \times 8\,087,27 = 8\,572,51 \text{ kg-m}$$

$$Mdx = \delta_x \times Mu = 1,07 \times 8\,138,20 = 8\,707,87 \text{ kg-m}$$

- Acero longitudinal por el método BRESLER

El método Bresler consiste en aproximar el valor  $1/P'u$ , a través de un punto del plano, determinado por tres valores: carga axial pura ( $P'o$ ), carga de falla para una excentricidad  $e_x$  ( $P'x$ ) y carga de falla para una excentricidad  $e_y$  ( $P'y$ ). Para calcular el sistema de cargas resistentes, la expresión a utilizar es:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'x} + \frac{1}{P'y} - \frac{1}{P'o}$$

Si  $P'u > Pu$ , el armado propuesto es correcto, de lo contrario se debe reconsiderar el área de acero y realizar de nuevo los cálculos.

Límites de acero

Según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites 1 por ciento  $A_g < A_s < 6$  por ciento  $A_g$ , en zona sísmica.

$$A_{s_{\min}} = 0,01 (30 \times 30) = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0,06 (30 \times 30) = 54 \text{ cm}^2$$

Área considerada  $2,5\%A_g$

$$A_s = 0,025 (30 \times 30) = 22,5 \text{ cm}^2$$

Armado propuesto: 8 varillas # 6 = 22,80 cm<sup>2</sup>

Este método utiliza los diagramas de interacción para columnas, los cuales requieren de los siguientes datos para su uso.

Valor de la gráfica

$$\gamma_{x,y} = \frac{d - d'}{h} = \frac{27 - 3}{30} = 0,80$$

Valor de la curva

$$\rho_u = \frac{A_s \times f_y}{0,85A_g \times f'_c} = \frac{22,80 \times 2\,810}{0,85 \times 30^2 \times 210} = 0,40$$

Excentricidades

$$e_x = \frac{Md_x}{P_u} = \frac{8\,707,87}{15\,863,40} = 0,55$$

$$e_y = \frac{Md_y}{P_u} = \frac{8\,572,51}{15\,863,40} = 0,54$$

Valor de las diagonales

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,55}{0,30} = 1,83$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,54}{0,30} = 1,80$$

De los diagramas de interacción se obtuvieron los siguientes valores:

$$K_x = 0,19$$

$$K_y = 0,14$$

## Cargas

Carga resistente de la columna a una excentricidad  $e_x$ :

$$P'_{ux} = K_x \times f'_c \times b \times h = (0,19)(210)(30)(30) = 35\,910,00 \text{ Kg}$$

Carga resistente de la columna a una excentricidad  $e_y$ :

$$P'_{uy} = K_y \times f'_c \times b \times h = (0,14)(210)(30)(30) = 24\,460,00 \text{ Kg}$$

Carga axial resistente de la columna

$$P'_o = \phi [0,85 \times f'_c (A_g - A_s) + A_s \times f_y]$$

$$P'_o = 0,70 (0,85 \times 210 (900 - 22,80) + 22,80 \times 2\,810)$$

$$P'_o = 111\,589,00 \text{ Kg}$$

Carga resistente de la columna:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}} = \frac{1}{\frac{1}{35\,910,00} + \frac{1}{24\,460,00} - \frac{1}{111\,589,00}} = 16\,731,10 \text{ kg}$$

Como  $P'_u > P_u$ , el armado de la columna propuesta es adecuado, de lo contrario sería necesario aumentar el acero por debajo del  $A_{smax}$ , en caso de requerir mayor refuerzo que el permitido por  $A_{smax}$  será necesario aumentar la sección propuesta.

- Cálculo del acero transversal (estribos)

Además de diseñar las columnas para resistir flexocompresión, es necesario dotarlas con suficiente ductibilidad, con el objetivo de que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Se ha determinado que si las columnas se confinan su capacidad de carga es mucho mayor y mejora notablemente la ductilidad de la

columna. El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

Comparar  $V_r$  con  $V_{act}$  con los siguientes criterios:

Si  $V_r > V_{act}$  se colocan estribos a  $S = d / 2$

Si  $V_r < V_{act}$  se diseñan los estribos por corte

$$V_r = \emptyset \times 0,53 \times \sqrt{f'_c} (bd) = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{210} \times (30 \times 27) = 5\,287,98 \text{ kg}$$

como  $V_r > V_{act}$  se colocan estribos a  $S = d / 2$

Los estribos se colocaran a  $d/2$

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{27}{2} = 13 \text{ cm}$$

Longitud de confinamiento: la mayor de las siguientes

$$16\emptyset_{var\_long} = 16 \times 1,905 = 30,48 \text{ cm}$$

$$48\emptyset_{var\_trans} = 48 \times 0,953 = 45,74 \text{ cm}$$

La longitud de confinamiento a utilizar será igual a 50 centímetros.

Espacio entre estribos en zona confinada;

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left( \frac{0,85 f'_c}{f_y} \right)$$

Donde:

$\rho_s$  = relación volumétrica

$A_g$  = área total de la sección

$A_{ch}$  = área de sección transversal

$f'_c$  = resistencia del concreto

$f_y$  = resistencia a la fluencia del acero

$$A_{ch} = dx \times dy = 24 \times 24 = 576 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s = 0,45 \left( \frac{900}{576} - 1 \right) \left( \frac{0,85 \times 210}{2 \times 810} \right) = 0,016$$

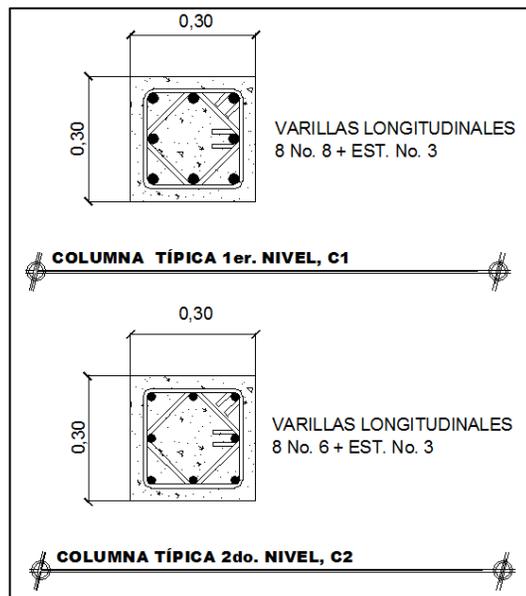
$$S = \left( \frac{4 \times A_v}{\rho_s \times L} \right) = \left( \frac{4 \times 0,71}{0,016 \times 24} \right) = 7,35 \text{ cm}$$

Colocar estribos a cada 7 centímetros en zona confinada.

Se colocaran estribos rotados a 45 grados alternados, según el código ACI 318, en el capítulo 7.10.5, debido a las barras longitudinales en las caras.

Este método de cálculo se aplicó para la columna del segundo nivel, con los momentos y corte máximos de nivel. A continuación se muestran los resultados del diseño.

Figura 37. **Sección de columnas típicas de nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

#### 2.5.4. Zapata y cimientos corridos

Son elementos estructurales que reciben las cargas propias y las exteriores, transmitiéndolo al suelo. El tipo de cimentación depende, principalmente del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, las condiciones del suelo y su costo.

Datos:

$$M_x = 9,59 \text{ ton-m}$$

$$\text{Desplante} = 1,00 \text{ m}$$

$$M_y = 9,40 \text{ ton-m}$$

$$\text{FCU} = 1,54$$

$$P_u = 38,70 \text{ ton}$$

$$\gamma_c = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

$$V_s = 21,40 \text{ ton/m}^2$$

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

$$\rho_{\text{suelo}} = 1,56 \text{ ton/m}^3$$

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

$$t = 0,45 \text{ m (asumido)}$$

Cargas de trabajo:

$$P't = \frac{P_u}{\text{FCU}} = \frac{38,70}{1,54} = 25,13 \text{ ton}$$

$$M't_x = \frac{M_x}{\text{FCU}} = \frac{9,59}{1,54} = 6,22 \text{ ton-m}$$

$$M't_y = \frac{M_y}{\text{FCU}} = \frac{9,40}{1,54} = 6,10 \text{ ton-m}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,50P't}{V_s} = \frac{1,50 \times 25,13}{21,40} = 1,76 \text{ m}^2$$

Se considera una zapata de 1,35 metros x 1,35 metros, para un área de 1,82 metros cuadrados, pero no cumplió con requerimientos para resistir las presiones sobre el suelo, por lo que después de realizados varios intentos, resulta una zapata de las siguientes dimensiones 2,00 metros x 2,00 metros, con un área de 4,00 metros cuadrados, la cual si cumple.

#### Presión sobre el suelo

La zapata transmite verticalmente al suelo las cargas aplicadas a ella por medio de la superficie en contacto con éste, ejerce una presión cuyo valor se define por la fórmula:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}, \text{ donde } S = \frac{bh^2}{6}$$

Donde:

P = carga axial distribuida al suelo

A<sub>z</sub> = área de zapata

M<sub>tx</sub>, M<sub>ty</sub> = momento torsionante respecto a un sentido

S<sub>x</sub>, S<sub>y</sub> = separación de la armadura por torsión o corte

Se debe tomar en cuenta que el valor de presión sobre el suelo (q) no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte (V<sub>s</sub> = 21,40 ton/m<sup>2</sup>), para la zapata se tiene:

$$S_x = S_y = \frac{2 \times 2^2}{6} = 1,33$$

P = P' + P<sub>columna</sub> + P<sub>suelo</sub> + P<sub>cimiento</sub>

P = 25,13 + (0,30 × 0,30 × 7 × 2,4) + (4 × 1 × 1,56) + (4 × 0,45 × 2,40)

P = 37,20 ton

$$q_{\max} = \frac{37,20}{4} + \frac{6,22}{1,33} + \frac{6,10}{1,33} = 18,54 \text{ ton/m}^2 < 21,40 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{37,20}{4} - \frac{6,22}{1,33} - \frac{6,10}{1,33} = 0,03 \text{ ton/m}^2 > 0,00 \text{ ton/m}^2$$

La presión del suelo en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a la presión en otro punto de la misma. Para efectos de diseño se determina una presión constante; aplicando un criterio conservador, se diseñó con la presión máxima, afectada por el factor de carga última.

$$q_u = \text{FCU} \times q_{\max} = 1,54 \times 18,54 = 28,55 \text{ ton/m}^2$$

- Espesor de zapata

Con el área proyectada se procede a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 0,075 metros, y que el peralte efectivo sea mayor de 0,15 metros más el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte y para este caso será de 45 centímetros.

- Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec} - \varnothing_{\text{var}} / 2$$

Donde:

t = espesor de la zapata

rec = recubrimiento

$\varnothing_{\text{var}}$  = diámetro de varilla

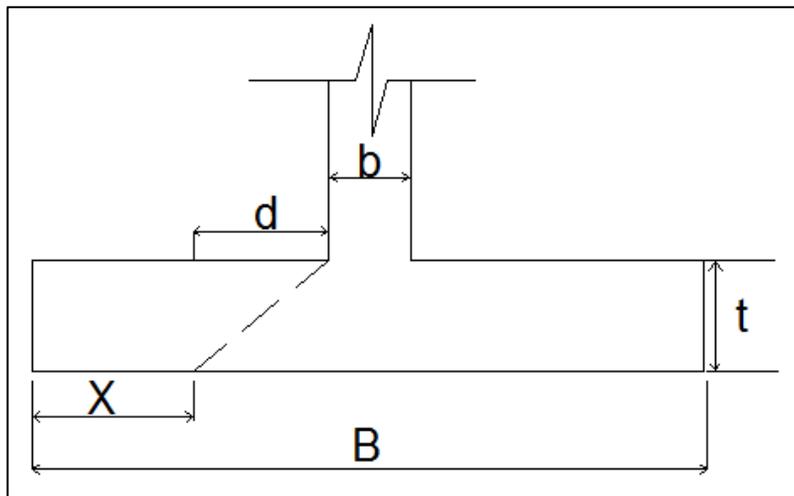
$$d = 45 - 7,5 - 2,85/2$$

$$d = 36,07 \text{ cm}$$

Corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia  $d$  (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

Figura 38. **Corte simple en zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

$$x = B/2 - b/2 - d$$

$$x = 2/2 - 0,30/2 - 0,3607 = 0,52 \text{ m}$$

Corte actuante

$$V_{act} = \text{área} \times q_u = 2 \times 0,52 \times 28,55 = 29,69 \text{ ton}$$

Corte resistente

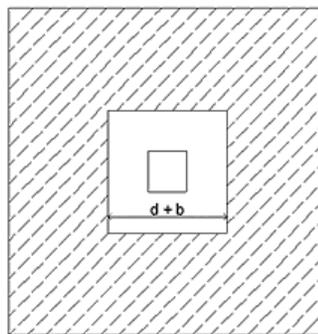
$$V_r = 0,53 \phi b d \sqrt{f'_c} = 0,53 \times 0,85 \times 195 \times 36,07 \sqrt{210} = 45\,918,20 \text{ kg}$$

$V_r > V_{act}$ , el espesor resiste el corte simple.

- Corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte producidos en el perímetro de la misma; el límite donde ocurre la falla está a una distancia  $d/2$ , del perímetro de la columna.

Figura 39. **Corte punzonante en zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Corte actuante por punzonamiento

$$b + d = 30,00 + 36,07 = 66,07 \text{ cm}$$

$$V_{act \text{ pun}} = \text{área} \times q_u = (2 \times 2 - 0,6607 \times 0,6607) 28,55$$

$$V_{act \text{ pun}} = 101,73 \text{ ton}$$

Corte resistente a punzonamiento

$$V_{r\text{pun}} = 1,06\phi b_o d \sqrt{f'c} , \quad b_o = 4 (b + d)$$

$$b_o = 4 (30,00 + 36,07) = 264,28 \text{ cm}$$

$$V_{r\text{pun}} = 1,06 \times 0,85 \times 264,28 \times 36,07 \sqrt{210} = 124\,464,00 \text{ kg}$$

$V_r > V_{\text{act}}$ , el espesor resiste el corte punzonante, las dimensiones son adecuadas, se procede al diseño a flexión.

- Diseño del refuerzo

La zapata se diseña a flexión. La zapata actúa como una losa en voladizo.

$$M_u = \frac{q_u L^2}{2} = \frac{26,57 \left( \frac{2}{2} - \frac{0,30}{2} \right)^2}{2} = 9\,598,41 \text{ kg-m}$$

El área de acero se calcula con la misma ecuación para el refuerzo de una viga:

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u \times b}{0,003825 \times f'c}} \right] \frac{0,85f'c}{f_y}$$

$$A_s = \left[ 100 \times 36,07 - \sqrt{(100 \times 36,07)^2 - \frac{9\,598,41 \times 100}{0,003825 \times 210}} \right] \frac{0,85 \times 210}{2\,810} = 10,20 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{min}} = \frac{14,1}{2\,810} (100) (36,07) = 18,09 \text{ cm}^2$$

$A_{s_{min}} = 18,09 \text{ cm}^2$ , Por tanto colocar  $A_{s_{min}}$ .

$$S = \frac{(2,85)(100)}{18,09} = 16 \text{ cm}$$

Colocar varillas No. 6 @ 15 centímetros en ambos sentidos de la zapata, para cama inferior.

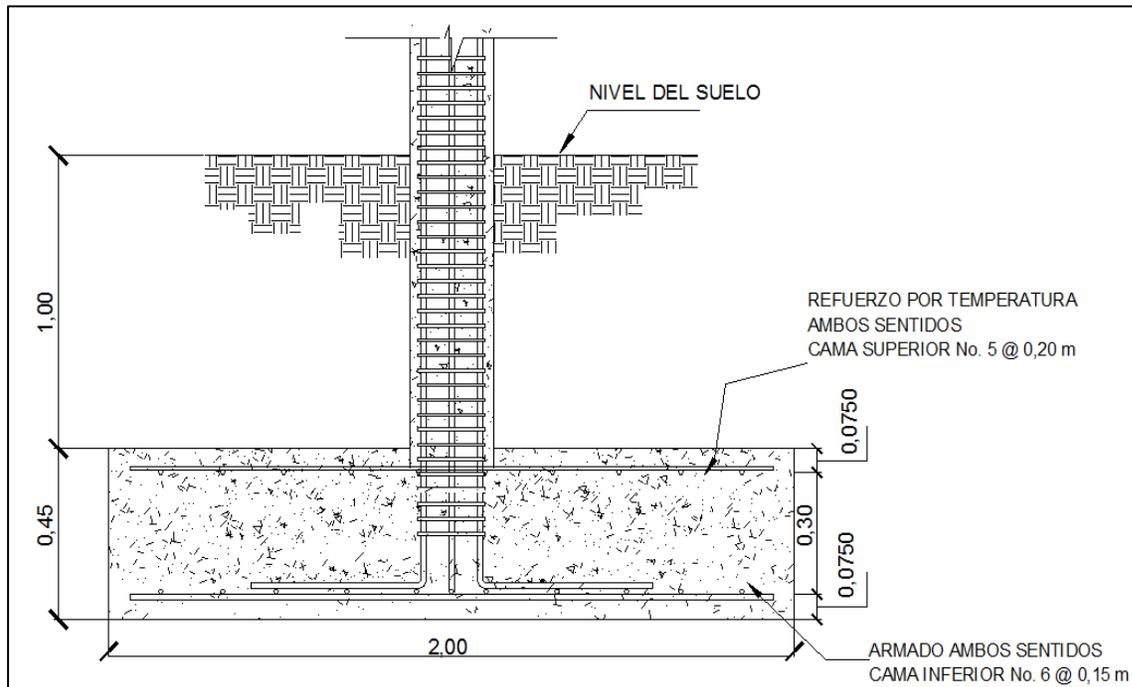
Para cama superior:

$A_{s_{temp}} = 0,002bt = 0,002 \times 100 \times 45 = 9 \text{ cm}^2$ , varillas # 5

$$S = \frac{(1,97)(100)}{9} = 21,88 \text{ cm}$$

Colocar varillas No. 5 @ 20 centímetros en ambos sentidos de la zapata, para cama superior.

Figura 40. **Detalle de armado de zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

### 2.5.5. **Diseño de gradas**

Una escalera debe ser cómoda y segura dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella y si  $C$  = contrahuella y  $H$  = huella se deben cumplir los siguientes criterios.

$$c < 20 \text{ cm}$$

$$H > c$$

$$2c + H < 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm; } c \times H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Donde:

$c$  = contrahuella y  $H$  = huella

Cargas de diseño para una escalera

$CM = PP$  (escalera) +  $PP$  (acabados);

$PP$  (escalera) =  $Wc = (t + c / 2)$

Número de escalones mínimo

$h/c_{max} = 2,9 / 0,17 = 17$  escalones.

Se tomaran 8 contrahuellas antes del descanso

Número de huellas =  $8 - 1 = 7$  huellas

Chequeo

$c = 17 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$ ;  $H = 29 \text{ cm}$

$2c + H = 2 (17) + 29 = 63 \leq 64 \text{ cm}$

$c + H = 17 + 29 = 46 \text{ cm}$ ;  $c \times H = 493 \text{ cm}^2$

Por lo tanto, se tienen 8 contrahuellas de 17 centímetros y 7 huellas de 29 centímetros.

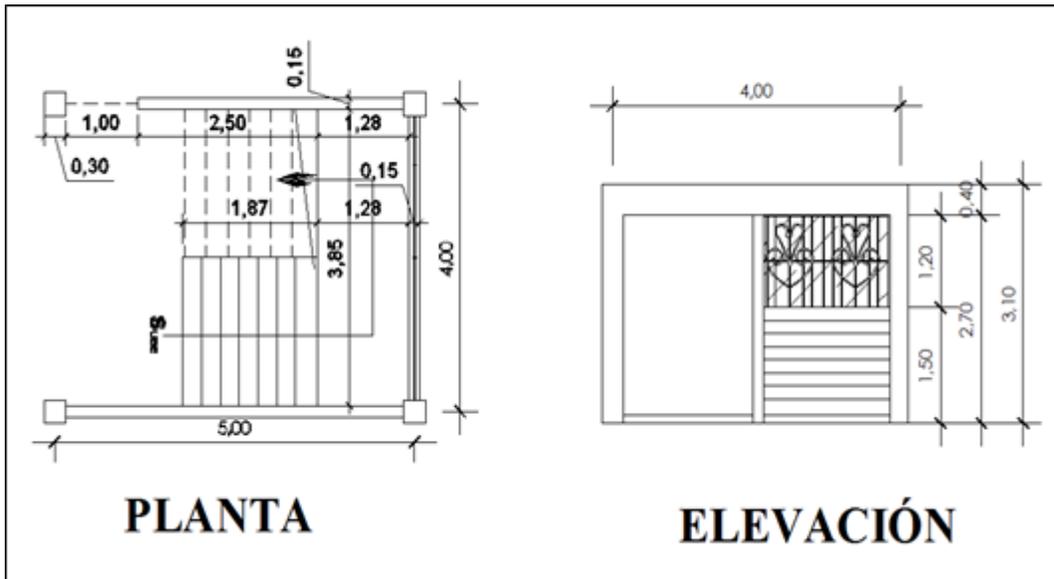
- Espesor de la losa ( $t$ )

$t = L / 20$ , donde:  $L$  = luz de viga o losa maciza una dirección

$t = 3,15 / 21 = 0,15 \text{ m}$

$t = 15 \text{ cm}$

Figura 41. **Planta-elevación módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

- Integración de cargas

Peso propio de la escalera =  $\gamma_c \times (t + c/2)$

Peso propio de la escalera =  $2\,400 (0,15 + 0,17 / 2) = 564,00 \text{ kg/m}^2$

Acabados =  $80,00 \text{ kg/m}^2$

Total =  $644,00 \text{ kg/m}^2$

Carga viva =  $500,00 \text{ kg/m}^2$

CU =  $1,4\text{CM} + 1,7\text{CV} = 1,40 (644,00) + 1,70 (500,00) = 1\,751,60 \text{ kg/m}^2$

Tomando en cuenta que la longitud de la losa es inclinada se calcula la longitud:

$$\text{Longitud de la losa} = \sqrt{3,15^2 + 1,45^2} = 3,46 \text{ m}$$

- Cálculo de los momentos actuantes en la losa:

Se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros, por lo tanto:

$$M(+)=\frac{WL^2}{9}=\frac{1\,751,60\times 3,46^2}{9}=2\,329,62\text{ kg-m}$$

$$M(-)=\frac{WL^2}{14}=\frac{1\,751,60\times 3,46^2}{14}=1\,497,62\text{ kg-m}$$

Acero mínimo:

$$A_{s\text{mín}}=\rho_{\text{mín}}\times bd$$

$$\rho_{\text{mín}}=14,1/f_y$$

b = franja unitaria

t = espesor de la losa

d = peralte efectivo

$$d=t-\text{rec}=12,5\text{ cm}$$

$$A_{s\text{mín}}=\frac{14,1}{2\,810}\times 100\times 12,5=6,27\text{ cm}^2$$

$$\rho_{\text{bal}}=\phi\left(\frac{\beta\times f'_c}{f_y}\times\frac{6\,090}{f_y+6\,090}\right)=0,85\left(\frac{0,85\times 210}{2\,810}\times\frac{6\,090}{2\,810+6\,090}\right)=0,03694$$

$$A_{s\text{máx}}=0,50\times 0,03694\times 100\times 12,5=23,09\text{ cm}^2$$

$$A_{sM(+)}=\left[(100\times 12,5)-\sqrt{(100\times 12,5)^2-\frac{2\,329,62\times 100}{0,003\,825\times 210}}\right]\frac{0,85\times 210}{2\,810}$$

$$A_{sM(+)}=7,32\text{ cm}^2$$

$$A_{SM(-)} = \left[ (100 \times 12,5) - \sqrt{(100 \times 12,5)^2 - \frac{1\,497,62 \times 100}{0,003\,825 \times 210}} \right] \frac{0,85 \times 210}{2\,810}$$

$$A_{SM(-)} = 4,61 \text{ cm}^2$$

$M_{(+)} = 2\,329,62 \text{ kg-m} \Rightarrow A_s = 7,32 \text{ cm}^2$ ; usar varilla No. 4 @ 0,15 m

$M_{(-)} = 1\,497,62 \text{ kg-m} \Rightarrow A_s = 4,61 \text{ cm}^2$ ; usar  $A_{s_{\min}} = 6,27 \text{ cm}^2$ ; usar varilla No. 4 @ 0,15 m

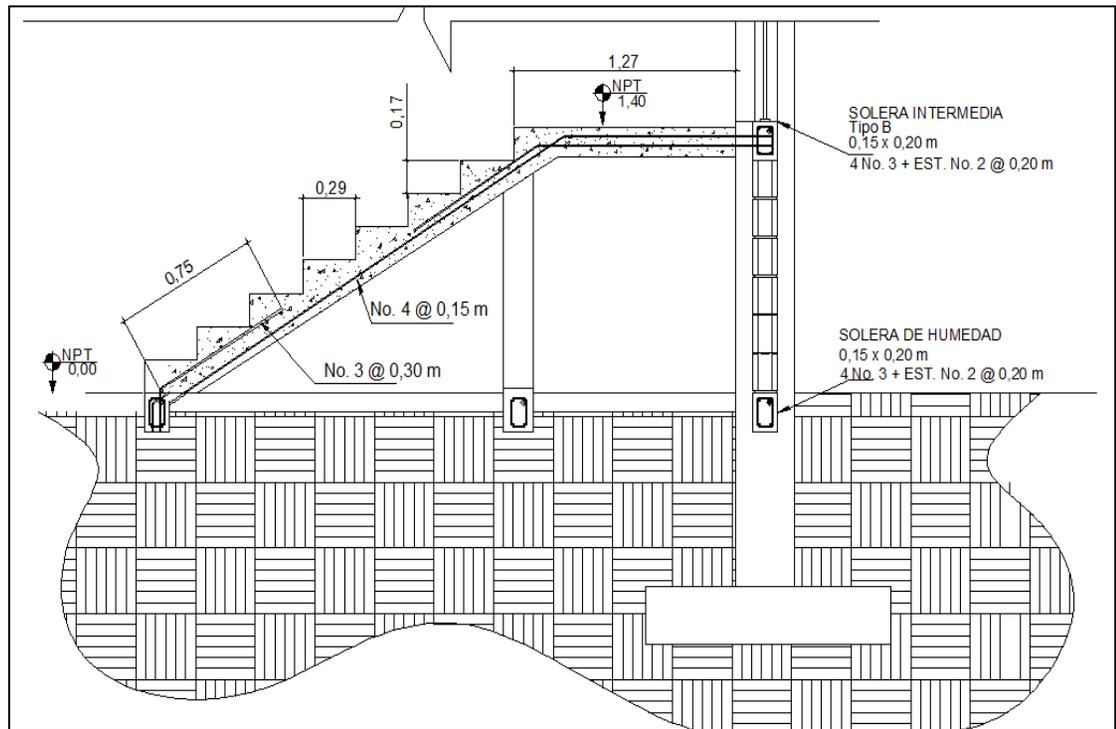
Acero por temperatura =  $A_{s_{\text{temp}}} = 0,002bt = 0,002 (100) (15) = 3,00 \text{ cm}^2$

$S_{\text{máx}} = 2t = 2 \times 15 = 30,00 \text{ cm}$ ; varilla No. 3 @ 0,30 m.

El acero por temperatura debe colocarse en el otro sentido, tomando en consideración lo siguiente:

- Se debe alternar cuando exista cama doble de refuerzo principal.
- Se coloca en el espacio formado por la cama superior e inferior del refuerzo principal.

Figura 42. **Detalle de armado de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

## 2.6. **Instalaciones eléctricas**

Para el diseño de la instalación eléctrica se implementó el método del índice del local, que su fundamento principal consiste en clasificar el ambiente de acuerdo al dimensionamiento, iluminación y coeficientes de reflexión en techo, pared y piso; con base en los datos anteriormente mencionados, tablas y fórmulas definidas por el mismo, se pueden trabajar un diseño capaz de cumplir con los requisitos necesarios de funcionalidad y durabilidad.

A continuación se presenta el diseño de instalación eléctrica para un aula teórica.

- Luces (Lu) = 300 (según normas de diseño eléctrico UNE-EN 12464-1:2003. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interior, página 28).
- Tipo de iluminación = directa (todo el flujo luminoso va hacia el suelo).
- Tipo de luz = fluorescente, tipo tubular (FD).
- Dimensiones del aula = 4,85 m × 7,85 m × 2,80 m de altura.
- Coeficiente de reflexión:
  - Techos = 0,70 blanco, 0,50 claro y 0,30 medio  
blanco = 0,70
  - Paredes = 0,50 claro, 0,30 medio y 0,10 oscuro  
Color *Peach*, claro = 0,50
  - Piso = 0,30 claro y 0,10 oscuro  
Granito, claro = 0,30
- Factor de mantenimiento (f.m.) = 0,80 limpio y 0,60 sucio.  
Se utiliza un valor intermedio, f.m. = 0,70.
- Coeficiente de Uso (CU) = 0,69.
- Lúmenes:

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{Lu} \times \text{área}}{\text{f.m.} \times \text{c.u.}}$$

$$\text{Lúmenes} = \frac{300 (4,85 \times 7,85)}{0,70 \times 0,69}$$

$$\text{Lúmenes} = 23\,671,16$$

El tubo fluorescente que se usará equivale a 3 000 lúmenes.

- Luminarias

$$\text{No de luminarias} = \frac{23\,671,16}{3\,000} = 8 \text{ luminarias por salón (tubos fluorescentes).}$$

Se usarán 2 lámparas 4 X 40W tipo industrial en cada salón, como se muestra en planos.

Para diseñar la cantidad de luminarias por circuito se debe saber a cuántos amperios equivale una lámpara de 4 X 40W.  $4 \text{ tubos} \times 40 \text{ watts} = 160 \text{ watts}/120\text{v} = 1,33 \text{ amperios}$  cada lámpara

Las especificaciones eléctricas, el cable conductor No. 12 AWG, TW puede transportar hasta 25 amperios. Se emplearán 10 lámparas por circuito para no sobrepasar la capacidad del cable conductor y se usará un *flip-on* de 20 amperios para cada circuito de iluminación.

Para el diseño de fuerza se tomó en cuenta los aparatos eléctricos que podrían estar conectados a la vez en un aula y sumar los *watts* de cada aparato, en este caso fueron los siguientes:

- Computadora de escritorio (8 unidades por salón, 150 watts c/u) = 1 200 *watts*
- Computadora portátil = 25 *watts*

- Equipo de proyección = 250 *watts*
- Router (Internet Wireless) = 10 *watts*

Total = 1205 *watts*

1 485 *watts*/120v = 13 amperios por salón; 2 salones para cada circuito suman 26 amperios entonces se usará cable No. 10, debido a que éste tiene una capacidad de transportar 45 amperios.

- Tubería y ductos

Se utilizara tubería plástica (poliducto), *conduit* de  $\frac{3}{4}$ " , en caso de quedar enterrada o bajo tierra, se deberá proteger con concreto pobre, las uniones deberán ser completamente impermeables.

Finalmente se determinó según diseño, un tablero principal de tierra física neutro y dos tableros de distribución con tierra física aislada, para iluminación dos circuitos en el primer nivel y dos en el segundo, cada circuito tiene un máximo de diez unidades (lámparas 4 x 40W, tipo industrial). La instalación eléctrica de fuerza, dos circuitos en el primer nivel y tres en el segundo, con un máximo de diez unidades por circuito.

## **2.7. Instalaciones hidráulicas**

El diseño de la instalación hidráulica se realizara con el método de Hunter, el cual consiste en proponer un diámetro de tubería y calcular la presión necesaria para abastecer los artefactos sanitarios, posterior a esto se debe comparar con la presión disponible en la red hidráulica municipal, si la presión necesaria es inferior a la disponible, y la velocidad se encuentra en el rango

permitido, el diámetro propuesto es el adecuado, de lo contrario se deberá proponer otros diámetros con el objetivo de encontrar el correcto para el diseño.

Caudal de gasto:

Cantidad de inodoros con tanque = 8

Unidad hunter por cada inodoro en servicio público = 5

Total =  $8 \times 5 = 40$

Cantidad de salidas del inodoro = 1

Total =  $8 \times 1 = 8$

Cantidad de lavamanos = 12

Unidad hunter por cada lavamanos en servicio público = 2

Total =  $12 \times 2 = 24$

Cantidad de salidas de cada lavamanos = 1

Total =  $12 \times 1 = 12$

Cantidad de orinales con llave = 8

Unidad hunter por cada orinal en servicio público = 3

Total =  $8 \times 3 = 24$

Cantidad de salidas de cada orinal = 1

Total =  $8 \times 1 = 8$

Total de unidades hunter = 88

Total de salidas (n) = 24

Según tabla de diseño hidráulico e interpolación (ver figura 42), para 88 unidades hunter el  $Q_i = 1,34$  l/s

Figura 43. Gastos probables, método de Hunter

N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula		
3	0,12	-	120	1,83	2,72	1100	8,27
4	0,16	-	130	1,91	2,80	1200	8,70
5	0,23	0,91	140	1,98	2,85	1300	9,15
6	0,25	0,94	150	2,06	2,95	1400	9,56
7	0,28	0,97	160	2,14	3,04	1500	9,90
8	0,29	1,00	170	2,22	3,12	1600	10,42
9	0,32	1,03	180	2,29	3,20	1700	10,85
10	0,43	1,06	190	2,37	3,25	1800	11,25
12	0,38	1,12	200	2,45	3,36	1900	11,71
14	0,42	1,17	210	2,53	3,44	2000	12,14
16	0,46	1,22	220	2,60	3,51	2100	12,57
18	0,50	1,27	230	2,65	3,58	2200	13,00
20	0,54	1,33	240	2,75	3,65	2300	13,42
22	0,58	1,37	250	2,84	3,71	2400	13,86
24	0,61	1,42	260	2,91	3,79	2500	14,29
26	0,67	1,45	270	2,99	3,87	2600	14,71
28	0,71	1,51	280	3,07	3,94	2700	15,12
30	0,75	1,55	290	3,15	4,04	2800	15,53
32	0,79	1,59	300	3,32	4,12	2900	15,97
34	0,82	1,63	320	3,37	4,24	3000	16,20
36	0,85	1,67	340	3,52	4,35	3100	16,51
38	0,88	1,70	380	3,67	4,46	3200	17,23
40	0,91	1,74	390	3,83	4,60	3300	17,85
42	0,95	1,78	400	3,97	4,72	3400	18,07
44	1,00	1,82	420	4,12	4,84	3500	18,40
46	1,03	1,84	440	4,27	4,96	3600	18,91

Fuente: www.amarengo.org. Tabla método Hunter. (Consulta 20 de febrero de 2013).

Datos sobre longitud crítica del sistema a analizar:

Longitud crítica del sistema a analizar = 41 m

Altura de artefacto crítico sobre el nivel de acometida = 3,60 m

Presión recomendada para inodoro según tabla de diseño hidráulico = 7 M.C.A

Hc (depende del tipo de contador, en este caso es tipo volumétrico) = 11 M.C.A.

Presión disponible = 25 psi

Pérdidas por fricción en accesorios, usando diámetro de 1/2":

Cantidad Codo 90 = 34

Longitud equivalente, según tabla de diseño hidráulico = 0,50

Total = 34 x 0,50 = 17

Cantidad de Tee = 32

Longitud equivalente, según tabla de diseño hidráulico = 0,60

Total = 32 x 0,60 = 19,20

Cheque pesado = 2

Longitud equivalente, según tabla de diseño hidráulico = 3,50

Total = 2 x 3,50 = 7,00

Válvula de compuerta = 1

Longitud equivalente, según tabla de diseño hidráulico = 3,50

Total de pérdidas en accesorios = 17 + 19,20 + 7 + 0,20 = 43,40 m

Caudal de diseño ( $Q_d$ ) =  $Q_i \times 0,60 \times K$

Donde K debe ser mayor que 0,20, en este caso se tomará 0,20

$Q_d = 1,34 \text{ l/s} \times 0,60 \times 0,20 = 0,16 \text{ l/s} = 0,00016 \text{ m}^3/\text{s}$

Cálculo de la presión necesaria para el artefacto más crítico:

Se propone tubería PVC de ½ “

Diámetro en metros = 0,0127

Área de sección transversal ( $A_{st}$ ) = 0,000285 m<sup>2</sup>

Velocidad =  $Q_d / A_{st} = 0,00016 / 0,000285 = 0,60 \text{ m/s}$

Energía cinética =  $V^2 / 2g = (0,60^2) / (2 \times 9,81) = 0,02$

Longitud equivalente = 41,00 + 43,40 = 84,40 m

Pérdidas por fricción según flamant ( $H_t$ )

$H_t = 0,000545 \times V_d^{7/4} \times D^{-5/4}$

$H_t = 0,000545 \times 0,60^{7/4} \times 0,0127^{-5/4} = 0,05$

Pérdida total ( $J_{tub}$ ) = 84,40 x 0,05 = 4,22 m

Pérdida en medidor ( $J_{cont}$ ) =  $(Q_d/Q_n)^2 \times H_c = (0,00016/0,0007)^2 \times 11 = 0,55 \text{ m}$

$Q_n$  se obtuvo de tabla de diseño hidráulico

Presión necesaria ( $P_{nec}$ )

$P_{nec} = H_{art} + P_{rec} + (V^2/2g) + J_{tub} + J_{cont}$

$P_{nec} = 3,60 + 7,00 + 0,02 + 4,22 + 0,55 = 15,39 \text{ M.C.A.}$

$P_{nec} = 21,89 \text{ psi}$

Debido a que la presión necesaria es inferior a la presión disponible, y la velocidad de diseño está en el rango aceptable, Todo el sistema de agua potable será por medio de circuito cerrado, distribuido por una acometida existente de tubería PVC  $\varnothing$  1", y los abastos por medio de tubería PVC  $\varnothing$  ½".

Para el sistema sanitario se suman las unidades de descarga que se conectan al colector principal.

8 inodoros = 16 unidades hunter

8 uriniales = 16 unidades hunter

12 lavamanos = 24 unidades hunter

El total es de 56 unidades, se usará tubo de  $\varnothing = 4"$ , para ramal principal porque la norma establece que para ramales horizontales puede transportar hasta 160 unidades, y para descargas unitarias (por artefacto) de  $\varnothing = 3"$  ya que este será menor a dicho ramal principal.

## **2.8. Planos constructivos**

Son las representaciones gráficas que detallan y determinan, todas las partes y trabajos a realizar en el proyecto, que sirven para presupuestar, contratar y ejecutar los trabajos del mismo.

Los planos que se elaboraron son: planta amueblada y elevaciones, planta acotada, planta de acabados, planta de cimientos y columnas, detalles constructivos, planta de losas y vigas, planta de iluminación y fuerza, planta de instalación de agua potable y planta de instalación de drenajes sanitarios y pluviales.

## **2.9. Presupuesto**

Es el cálculo anticipado del gasto o del costo de una obra. Sirve como instrumento para visualizar la planificación, programación de recursos y sus prioridades; además refleja lo que se va hacer, hasta qué punto, para que y como, su objetivo general es lograr la eficiencia y equidad.

Todo presupuesto, se constituye de dos incisos fundamentales:

- Costos directos

Estará conformado por la suma de valores de los precios unitarios, los cuales están en función de: materiales, mano de obra, prestaciones laborales herramienta y equipo necesario para la realización del proceso constructivo.

- Costos indirectos

Será la suma de los gastos técnicos, administrativos, de supervisión y de utilidades, necesarios para la correcta realización de procesos productivos.

Para la elaboración del presupuesto, se encontraron las cantidades de trabajo, se calcularon los costos directos y a estos se les aplico un 35 por ciento, para la integración de costos indirectos.

### **2.9.1. Cantidades de trabajo**

Es donde se analizan cada uno de los componentes por unidades de ejecución y se enumeran por renglones, siguiendo la secuencia lógica de

construcción. Posterior al desglose se procede a asignar a cada renglón una unidad de medida.

### 2.9.2. Integración de precios unitarios

Es el precio por unidad de medida, que se obtiene por medio de la integración del costeo de materiales, equipo, herramienta, mano de obra, prestación laboral, administración, supervisión y utilidades.

### 2.9.3. Resumen de presupuesto

Se realiza un resumen para conceptualizar cada gasto y cantidad de trabajo a realizar, con el objetivo de mantenerse y acoplarse el presupuesto disponible para la ejecución.

Tabla VI. **Presupuesto de edificación para aldea Cuchilla del Carmen**

PRESUPUESTO PARA EDIFICACIÓN EN ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN					
No.	RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO RENGLÓN
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza, chapeo y nivelación	m <sup>2</sup>	349,02	Q 56,35	Q 19 667,28
1,2	Bodega	m <sup>2</sup>	35	Q 213,03	Q 7 456,05
1,3	Trazo y estaqueado	m	74	Q 31,85	Q 2 356,90
2	CIMENTACIÓN				
2,1	Excavación y relleno de zapata	unidad	24	Q 410,82	Q 9 859,68
2,2	Excavación y relleno de cimiento corrido	m	125,6	Q 49,00	Q 6 154,40
2,3	Zapatas Z-1	unidad	24	Q 4 149,15	Q 99 579,60
2,4	Cimiento corrido de 0,40 m de ancho	m	125,6	Q 183,12	Q 22 999,87
2,5	Solera de amarre	m	165,6	Q 153,32	Q 25 389,79

Continuación de la tabla VI.

3	MUROS, COLUMNAS, VIGAS Y LOSA				
3,1	Levantado de block de 0,14 x 0,19 x 0,39	m <sup>2</sup>	483,79	Q 174,91	Q 84 619,71
3,2	Levantado de Ladrillo tayuyo de 23 X 11 X 6,5 cm	m <sup>2</sup>	25,24	Q 221,50	Q 5 590,66
3,3	Columnas C1	m	90	Q 910,53	Q 81 947,70
3,4	Columnas C2	m	78	Q 603,06	Q 47 038,68
3,5	Columnas C3	m	414,3	Q 215,49	Q 89 277,51
3,6	Columnas C4	m	113,1	Q 171,86	Q 19 437,37
3,7	Solera Intermedia	m	309,3	Q 153,34	Q 47 428,06
3,8	Solera Corona	m	206,2	Q 153,32	Q 31 614,58
3,9	Viga V1	m	94	Q 654,74	Q 61 545,56
3,10	Viga V2	m	66,6	Q 465,38	Q 30 994,31
3,11	Viga V3	m	94	Q 458,12	Q 43 063,28
3,12	Viga V4	m	66,6	Q 442,91	Q 29 497,81
3,13	Losa 1er. nivel	m <sup>2</sup>	282,61	Q 483,74	Q 136 709,76
3,14	Losa 2do. nivel	m <sup>2</sup>	300	Q 438,40	Q 31 520,00
3,15	Pañuelos	m <sup>2</sup>	300	Q 68,06	Q 20 418,00
4	MODULO DE GRADAS				
4,1	Gradas	global	1	Q 7 513,93	Q 7 513,93
5	PISOS, VENTANERÍA Y PUERTAS				
5,1	Colocación de piso de granito	m <sup>2</sup>	574,21	Q 224,25	Q 128 766,59
5,2	Ventanería con marco de aluminio y balcón metálico	m <sup>2</sup>	83,52	Q 1 026,49	Q 85 732,44
5,3	Puerta P-1	unidad	12	Q 1 576,04	Q 18 912,48
5,4	Puerta P-2	unidad	8	Q 383,21	Q 3 065,68
5,5	Puerta P-3	unidad	3	Q 1 931,18	Q 5 793,54
6	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
6,1	Iluminación	global	1	Q 22 145,72	Q 22 145,72
6,2	Fuerza	global	1	Q 8 386,43	Q 8 386,43
7	INSTALACIONES DE AGUA Y DRENAJES				
7,1	Instalación de agua potable	global	1	Q 17 189,59	Q 17 189,59
7,2	Instalación de drenajes sanitarios	global	1	Q 13 780,88	Q 13 780,88
7,3	Instalación de drenajes pluviales	global	1	Q 6 952,92	Q 6 952,92

Continuación de la tabla VI.

8	ACABADOS				
8,1	Repello en cielo y paredes e = 3 cm, pintura color <i>peach</i> en muros interiores	m <sup>2</sup>	881,77	Q 66,13	Q 58 311,45
8,2	Colocación de azulejo	m <sup>2</sup>	31,86	Q 189,50	Q 6 037,47
8,3	Fachaleta en muros exteriores	m <sup>2</sup>	147,42	Q 169,83	Q 25 036,34
8,4	Cernido y blanqueado en columnas (interiores) y vigas (solo exteriores) e = 5 cm	m <sup>2</sup>	83,6	Q 79,67	Q 6 660,41
8,5	Acabado en losa con teja tipo veneciana	m <sup>2</sup>	44,4	Q 145,11	Q 6 442,88
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 1 474 895,32

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Excel 2010.

## 2.10. Cronograma de ejecución físico y financiero

Es la concatenación de actividades calendarizadas consistentes en desarrollar un proyecto, tomando como sustentación del mismo el tiempo de ejecución e inversión económica necesaria para su desarrollo. Además, permite planificar y controlar los resultados y avances de corto, mediano y largo plazo.

Tabla VII. Cronograma de ejecución e inversión para edificación

No.	DESCRIPCIÓN	cent.	unidad	%Inv	%Ecu.	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				Avenue Financiero
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>																										<b>Q 29 480,23</b>
1.1	Limpieza, chapado y nivelación	semana	Q. 349,00	mf	1,00%	1,00%																				Q 19 967,23
1.2	Boroteje	semana	Q. 36,00	mf	1,00%	2,00%																				Q 7 466,05
1.3	Trazo y estequeado	semana	Q. 74,00	m	1,50%	3,50%																				Q 2 366,90
<b>2 CIMENTACIÓN</b>																										<b>Q 193 983,24</b>
2.1	Excavación y relleno de zapata	semana	Q. 24,00	mf	2,50%	6,00%																				Q 9 859,68
2.2	Excavación y relleno de cimiento corrido	semana	Q. 125,60	m	1,10%	7,10%																				Q 3 077,20
2.3	Zapatas Z-1	semana	Q. 24,00	unidad	3,00%	10,10%																				Q 99 579,80
2.4	Cimiento corrido de 0.40 m de ancho	semana	Q. 125,60	m	1,50%	11,60%																				Q 22 999,87
2.5	Solera de anclaje	semana	Q. 165,60	m	1,00%	12,60%																				Q 25 389,79
<b>3 MUROS, COLUMNAS, VIGAS Y LOSA</b>																										<b>Q 880 702,87</b>
3.1	Levantado de block de 0,14 x 0,19 x 0,39 m	semana	Q. 483,79	mf	3,75%	16,35%																				Q 28 206,57
3.2	Levantado de ladrillo teja u/o de 23 X11X6,5 cm	semana	Q. 25,24	mf	1,10%	17,45%																				Q 2 795,33
3.3	Columnas C1	semana	Q. 90,00	m	5,00%	22,45%																				Q 54 631,80
3.4	Columnas C2	semana	Q. 78,00	m	5,00%	27,45%																				Q 28 223,20
3.5	Columnas C3	semana	Q. 414,30	m	3,00%	30,45%																				Q 18 815,90
3.6	Columnas C4	semana	Q. 113,10	m	2,00%	32,45%																				Q 44 638,75
3.7	Solera intermedia	semana	Q. 309,30	m	1,10%	33,55%																				Q 9 718,66
3.8	Solera Corona	semana	Q. 206,20	m	1,10%	34,65%																				Q 15 809,36
3.9	Viga V1	semana	Q. 94,00	m	4,00%	38,65%																				Q 10 538,19
3.10	Viga V2	semana	Q. 96,60	m	4,00%	42,65%																				Q 10 538,19
3.11	Viga V3	semana	Q. 94,00	m	4,00%	46,65%																				Q 12 397,70
3.12	Viga V4	semana	Q. 96,60	m	4,00%	50,65%																				Q 18 596,80
3.13	Losa 1er. Nivel	semana	Q. 282,61	mf	6,00%	56,65%																				Q 8 812,86
3.14	Losa 2do. nivel	semana	Q. 300,00	mf	6,00%	62,65%																				Q 34 450,62
3.15	Refuerzos	semana	Q. 300,00	mf	1,00%	63,65%																				Q 5 899,96
<b>4 MODULO DE GRADAS</b>																										<b>Q 23 598,24</b>
4.1	Gradas	semana	Q. 1,00	global	1,25%	64,90%																				Q 113 924,30
<b>5 PISOS, VENTANERIA Y PUERTAS</b>																										<b>Q 128 766,59</b>
5.1	Colocación de piso de granito	semana	Q. 574,21	mf	4,00%	68,90%																				Q 64 383,30
5.2	Ventaneria con marco de aluminio y balcón metálico	semana	Q. 83,52	mf	2,50%	71,40%																				Q 21 433,10
5.3	Puerta P-1	semana	Q. 12,00	unidad	1,50%	72,90%																				Q 9 496,24
5.4	Puerta P-2	semana	Q. 8,00	unidad	1,50%	74,40%																				Q 1 532,84
5.5	Puerta P-3	semana	Q. 3,00	unidad	1,50%	75,90%																				Q 2 896,77
<b>6 INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>																										<b>Q 30 682,16</b>
6.1	Iluminación	semana	Q. 1,00	global	2,75%	78,65%																				Q 5 536,43
6.2	Fuerza	semana	Q. 1,00	global	2,75%	81,40%																				Q 2 096,61



Tabla VIII. **Boleta de identificación y evaluación riesgo para edificación**

Boleta de Identificación y Evaluación de Riesgo en Proyectos de Inversión Pública.													
Proyecto: Edificio educativo para la aldea Cuchilla del Carmen, Santa Catarina Pinula													
Localización: SANTA CATARINA PINULA													
Identificación y Evaluación de Riesgo Programas / Proyectos			N.A.	Expuesto al evento	Genera el evento	Amenaza				Vulnerabilidad			Total = A * V
						0	4	8	10	2	4	8	
Origen del	Factor	Tipo de Evento											
Naturales	Meteorológicos	Huracanes, ciclones y tifones				0							0
		Tornados (vientos fuertes)				0							0
		Tormenta tropical					8			4			32
		Onda térmica fría				0							0
		Onda térmica cálida				0							0
		Inundaciones				0							0
		Sequías que provocan pérdidas agrícolas				0							0
	Otros: Especifique											0	
	Topográficos ó Geotécnicos	Derrumbes				0							0
		Deslizamientos					8			4			32
		Lahares				0							0
		Flujos de lodo y agua				0							0
	Tectónicos ó Geológicos	Otros											0
		Terremotos (sismos)					8			8			64
		Erupciones volcánicas				0							0
Maremotos (tsunamis)					0							0	
Antrópico - Social	Derechos humanos	Otros				0						0	
		Violación de derechos humanos				0						0	
		Genera pobreza y exclusión social				0						0	
		Genera discriminación (género, étnia, discapacidad)				0						0	
		Ocurrencia de epidemias				0						0	
	Seguridad ciudadana	Otros											0
		Asesinatos y crímenes				0							0
		Delincuencia organizada				0							0
		Delincuencia común					8			4			32
		Conflictos limítrofes				0							0
		Ocurrencia de guerra				0							0
	Entorno político económico-social	Ocurrencia de terrorismo				0							0
		Otros											0
		Crisis política (pérdida democracia)				0							0
		Crisis gobernabilidad (alteración orden público)				0							0
		Crisis económica (empobrecimiento)					4			4			16
	Manejo del ambiente	Crisis social (conflictos entre pobladores)				0							0
		Otros											0
		Destrucción de hábitats naturales.				0							0
		Radiación solar intensa				0							0
Descarga de sólidos y líquidos a cuerpos de agua					0							0	
Descarga de partículas sólidas al aire					0							0	
Contaminación por ruido superior a 90 DB					0							0	
Contaminación de suelos					0							0	
Sobreexplotación de recursos naturales					0							0	
Desertificación				0							0		
Incendios forestales				0							0		
Otros											0		



### **3. DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AVENIDA HACIA LA CABECERA MUNICIPAL**

#### **3.1. Definición de pavimentos**

Es una estructura cuya función fundamental es distribuir las cargas concentradas de los vehículos hacia el suelo de manera que el mismo pueda soportarla sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe reunir un pavimento son superficie lisa, no resbaladiza, que resista a la intemperie y finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efectos del sol, las lluvias y el frío.

#### **3.2. Tipos de pavimentos**

Los pavimentos se dividen en dos grupos; los pavimentos flexibles y los pavimentos rígidos. La selección de cada tipo depende de la distribución de cargas, trabajabilidad, tiempo de ejecución, durabilidad, economía y otros.

##### **3.2.1. Pavimento flexible**

Estos tipos de pavimentos son los que se encuentran constituidos por asfaltos y en los que, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento.

### 3.2.2. Pavimento rígido

Es el que está formado por losas de concreto, que debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utiliza la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento la mayor parte de capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto. Estos pavimentos proporcionan muchos años de servicio con un mantenimiento relativamente bajo.

### 3.2.3. Maquinaria utilizada en la compactación de suelos

A continuación se menciona la maquinaria necesaria para poder hacer un buen trabajo en lo que a compactación de suelos se refiere, por supuesto que a además de las mencionadas, existen maquinas sofisticadas.

- Plancha vibradora: es de conducción manual y de uso muy común. Particularmente su fuerte es sobre suelos del tipo granular, es decir no cohesivos. El porcentaje de compactación del suelo depende en alto grado de las características técnicas y mecánicas de la plancha vibradora, y de la capacidad del suelo a ser compactado.

Figura 44. **Plancha vibradora**



Fuente: compañía guatemalteca de maquinaria, COGUMA.

- Vibroapisonadores: conocidos también como pisones rápidos de carrera larga, son accionados por lo general por motores de gasolina o diesel y en caso de aplicaciones especiales por motores eléctricos. El efecto de compactación causado por un vibroapisonador depende del número de golpes por minuto, del trabajo de impacto por golpe, la altura de salto y de pisón del mismo.

Figura 45. **Vibroapisonador**



Fuente: Compañía guatemalteca de maquinaria, COGUMA.

- Rodillo vibratorio: la compactación se da debido a su gran peso y a la vibración causada por la acción de oscilaciones, dirigen fuerzas dinámicas dentro del material a compactar resultando de esta forma una compactación más efectiva y con una penetración mayor.

Figura 46. **Rodillo vibratorio**



Fuente: compañía guatemalteca de maquinaria, COGUMA.

#### **3.2.4. Maquinaria utilizada en pavimentación**

Es importante contar con el equipo y maquinaria adecuados para la realización de una buena pavimentación, de lo contrario no se cumple el objetivo de darle un servicio a la comunidad, a continuación se mencionan algunos.

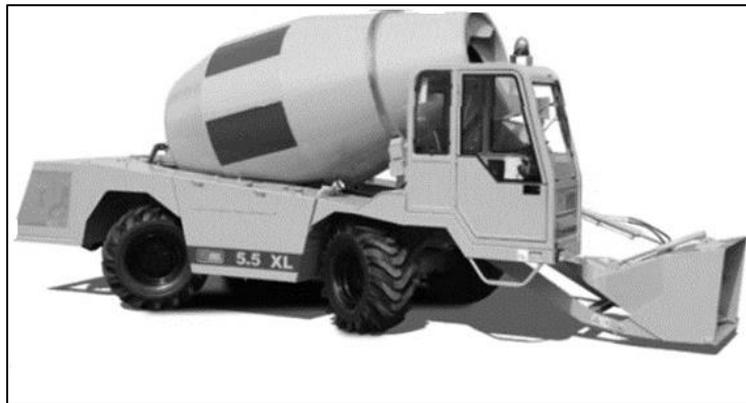
- Mezcladoras de concreto: es la máquina para vaciado de concreto que rige, generalmente, las capacidades necesarias de toda maquinaria independiente. En estas máquinas se utilizan gran número de formas y tamaños mezcladores. Los tambores pueden ser o no inclinables y giran sobre un eje horizontal.

Figura 47. **Mezcladora de concreto liviana**



Fuente: compañía guatemalteca de maquinaria, Servicios empresariales pirámide S.A.

Figura 48. **Mezcladora de concreto carmix**



Fuente: compañía guatemalteca de maquinaria, COGUMA.

- Vibrador de concreto: es utilizado después de volcar el concreto, para crear un movimiento de las partículas, reduciendo de ese modo la fricción entre ellas, haciendo que la mezcla sea más fluida y por consiguiente mejorando el acabado por la misma uniformidad lograda por este medio.

Figura 49. **Vibrador de concreto**



Fuente: compañía guatemalteca de maquinaria, Servicios empresariales pirámide S.A.

- Cortadora de concreto: es utilizada después de la fundición del pavimento, tiene como objetivo principal hacer las juntas de dilatación, transversal y longitudinal, esto para controlar los esfuerzos del concreto y evitar que puedan dañar la resistencia máxima del mismo.

Figura 50. **Cortadora de concreto**



Fuente: compañía guatemalteca de maquinaria, COGUMA.

### **3.3. Levantamiento topográfico**

La topografía es fundamental en todo proyecto de ingeniería civil, tales como, proyectos viales, abastecimiento de agua potable, drenajes, construcción, etc. El objetivo principal es obtener libretas de campo que posteriormente reflejarán las condiciones topográficas del lugar donde se ejecutará el proyecto.

Se consideró un levantamiento topográfico de primer orden, el cual hizo necesario contar con niveles y teodolitos con una aproximación de 10 segundos como lo adecuado, equipos y personal para realizar las actividades necesarias de tal levantamiento.

#### **3.3.1. 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.

La medida de polígonos por el método de ángulos de deflexión o desviación, es el método más utilizado, especialmente en poligonales abiertas, en que solo hay que tomar algunos detalles al recorrer el itinerario. Desde luego, es el procedimiento casi exclusivamente aplicado en los levantamientos de carreteras, vías férreas, canales y tuberías de conducción de líquidos. Se trabajó con el método de conservación de azimut, ya que nos permite representar, la línea central y el ancho del tramo total.

Los ángulos de deflexión o deflexiones, se miden ya sea hacia la derecha (según el reloj) o hacia la izquierda (contra el reloj) a partir de la prolongación

de la línea de atrás hacia la estación siguiente. Los ángulos de deflexiones o desviación son siempre menores de 180 grados.

### **3.3.2. Altimetría**

Son los trabajos necesarios 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. La altimetría permite obtener los datos indispensables para representar gráficamente sobre un plano horizontal el perfil del terreno.

Para la referencia de cualquier nivelación será necesaria la altura de un punto que haya sido previamente nivelado o por medio de altímetros, pero lo más usual en Guatemala es tener Bancos de Marca (BM) colocados por la Dirección General de Caminos o en su lugar por el Instituto Geográfico Nacional. De haber un banco de marca cercano puede hacerse una nivelación simple para determinar la cota de referencia. La cota del banco de marca servirá de referencia para la nivelación a realizar. Para este caso se utilizó el método de nivelación.

### **3.4. Partes de un pavimento**

El pavimento está conformado por varias partes, las cuales tiene la función de soportar y distribuir las cargas vehiculares a las capas subyacentes hasta que estas lleguen al terreno de fundación.

### **3.4.1. Base**

Esta capa tiene por finalidad, la de absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos y, además, repartir uniformemente estos esfuerzos a las capas adyacentes.

Se encuentra conformada por materiales granulares como piedra triturada, arenas, gravas o suelos estabilizados. Su espesor no debe ser mayor de 30 centímetros ni menor de 10 centímetros, según normas de la Dirección General de Caminos.

La compactación de la base deberá ser minuciosamente atendida, pues se corre el riesgo de fallas en la carretera por una compactación inadecuada de la base.

La obtención del material de base se lleva a cabo generalmente de explotación de canteras y bancos de material; la trituración y/o clasificación cuando sean necesarias de piedra o grava, combinándolas con material de relleno para formar un agregado que cumpla con las especificaciones para lo cual es necesario abrir una cantera, triturar el material y generalmente añadir un material de relleno apropiado para satisfacer los requisitos de graduación.

Requisitos que debe cumplir un material para base granular:

- Valor soporte. Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193 mínimo de 70 por ciento efectuado sobre una muestra saturada a 95 por ciento de compactación determinada por el método AASTHO T 180 y un hinchamiento máximo de 0,5 por ciento en el ensayo efectuado según AASTHO T 193.

- Abrasión. La porción de agregado retenida en el tamiz #4 (4,75 milímetros), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASTHO T 96, mayor del 50 a 500 revoluciones.
- Partículas planas o alargadas. No más del 25 por ciento en peso del material retenido en el tamiz #4 (4,75 mm), pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- Impurezas. El material de base granular debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub-base o base granular pueden causar fallas en el pavimento.
- Plasticidad y cohesión. El material de la capa base granular en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener en la fracción que pasa el tamiz #40 (0,425 mm), incluyendo el material de relleno, un índice de plasticidad mayor de 6 para la base, determinado por el método AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 25 tanto para la base, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146.
- Graduación. El material para capa de base granular debe llenar los requisitos de graduación, determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, para el tipo que se indique en las disposiciones especiales.

- Equivalente de arena. El equivalente de arena no debe ser menor de 30 tanto para base, según AASHTO T 176.

#### **3.4.1.1. Tipos de base**

Las bases pueden ser granulares, o bien estar constituidas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro ligante.

- Base de grava o piedra triturada

Son bases de materiales provenientes de la explotación de minas, de roca o de pedreras naturales.

- Base de grava y suelo

Los materiales utilizados para este tipo de base, pueden encontrarse en estado natural o provenir de la mezcla de gravas con suelos.

- Base de suelo cemento

Estas bases surgen de las mezclas de determinados suelos con cemento portland, llegan a ser altamente resistentes a la desintegración, con un valor soporte CBR, arriba del 80 por ciento, posterior a su colocación se puede poner la carpeta de rodadura.

#### **3.4.2. Subbase**

Es la primera capa del pavimento y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las

condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. Las principales funciones de la subbase son:

Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.

Servir de material de transición entre la terracería y la base. Así también como elemento aislador, previniendo la contaminación de la base cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.

Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas. Es importante que la sub-base y la base sean interceptadas en su sección transversal por las cunetas, para que estas drenen fácilmente el agua que aquellas eliminan.

Requisitos para el material de subbase común.

La capa de sub-base común, debe estar constituida por materiales de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes:

- Valor soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 30, efectuado sobre muestras saturadas a 95 por ciento de compactación, AASHTO T 180.
- Piedras grandes y exceso de finos. El tamaño de las piedras que contenga el material de sub-base, no debe exceder de 70 milímetros ni exceder de  $\frac{1}{2}$  espesor de la capa. El material de subbase no debe tener más del 50% en peso, de partículas que pasen el tamiz #40 (0,425

milímetros), ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el tamiz #200 (0,075 milímetros).

- Plasticidad y cohesión. El material de subbase debe tener las características siguientes:

Equivalente de arena. No debe ser menor de 25 por ciento, determinado por el método AASHTO T 176.

Plasticidad. La porción que pasa el tamiz #40 (0,425 milímetros), no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T 90, mayor de 6 ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146, cuando las Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.

- Impurezas. El material de sub-base debe estar exento de materias vegetales, basuras, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa sub-base puedan causar fallas en el pavimento.

### **3.4.3. Subrasante**

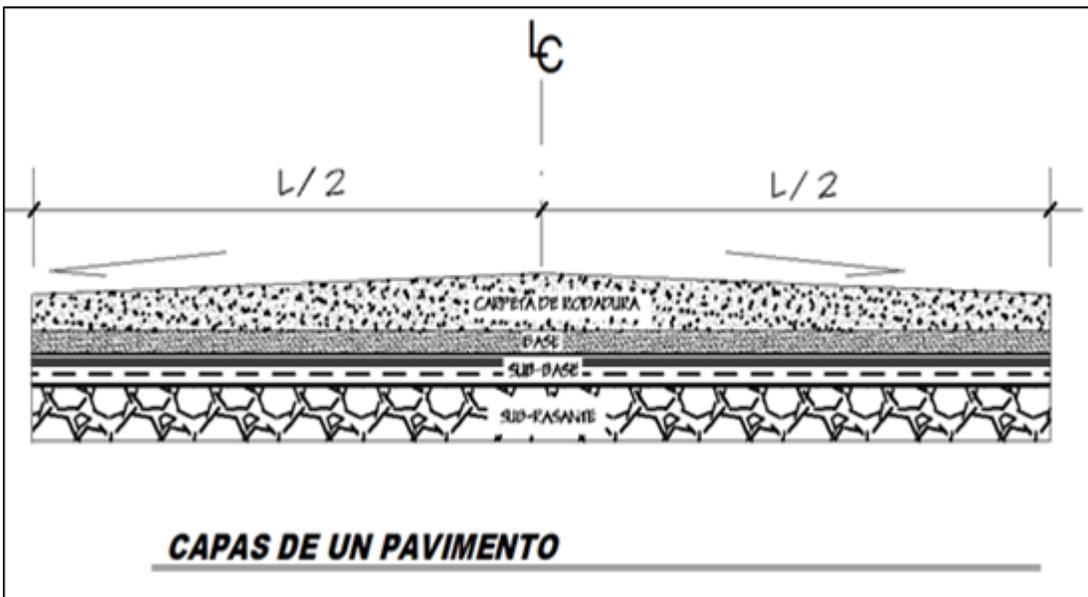
Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad, en que no le afecte la carga de diseño que corresponde a la estructura prevista. Su función es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada.

### 3.4.4. Carpeta de rodadura

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas de tránsito, su función primordial es de proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así, posibles infiltraciones del agua de lluvia que podría saturar total o parcialmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa de los vehículos.

Esta capa puede estar formada por una mezcla bituminosa, si es pavimento flexible; por una losa de concreto, si es pavimento rígido o por adoquines si es pavimento semiflexible.

Figura 51. **Capas de un pavimento**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

### **3.5. Ensayo de suelos para pavimentos**

Se debe realizar una serie de ensayos para conocer las características físico-mecánicas del suelo en estudio y así poder garantizar el diseño estructural del pavimento.

#### **3.5.1. Granulometría**

La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición, sirve para clasificar y determinar la cantidad, en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo, a partir de esta distribución, es posible formarse una idea de otras propiedades y características mecánicas del mismo.

#### **3.5.2. Límites de Atterberg**

Las propiedades plásticas de los suelos limosos y arcillosos pueden ser analizadas a través de pruebas empíricas o bien por el ensayo de límites de Atterberg o límites de consistencia como también se les conoce.

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 y límite plástico.

### **3.5.2.1. Límite líquido**

Es el porcentaje de humedad de una muestra, respecto al peso seco de la muestra; a este nivel de porcentaje de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso. Está expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra utilizada para el ensayo.

### **3.5.2.2. Límite plástico**

Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como un material no plástico, estado semisólido. Está expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra utilizada para el ensayo.

### **3.5.2.3. Índice plástico**

El índice plástico es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$I.P. = L.L - L.P$$

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice plástico depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo. Según Atterberg, la plasticidad de los suelos se clasifica de la siguiente forma:

I.P = 0, suelo no plástico

I.P entre 0 y 7, es un suelo que tiene baja plasticidad

I.P entre 7 y 17, es un suelo de mediana plasticidad

I.P mayor de 17, es un suelo altamente plástico

El material debe tener un límite líquido no mayor de 35, determinado por el método AASHTO T 89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11.

### **3.5.3. Ensayo de compactación (Proctor Modificado)**

Este procedimiento sirve para la determinación de la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos compactados.

La masa de los suelos, está formada por partículas sólidas y vacíos, estos vacíos pueden estar llenos de agua, de aire o de ambos a la vez. 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, que es cuando la masa del suelo, 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.

### **3.5.4. Ensayo de valor soporte CBR**

El valor relativo de soporte de un suelo (CBR), es un índice de su 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 este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para 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 capa. Por cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación, de expansión y de CBR.

### **3.5.5. Ensayo de equivalente de arena**

Sirve para evaluar de manera cualitativa la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos por utilizar. Consiste en ensayar los materiales que pasa por la malla # 4 en una probeta estándar parcialmente llena de una solución que propiciará la sedimentación de los finos. Se hace con el fin de conocer el porcentaje de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos.

### **3.5.6. Resultado de los ensayos realizados**

De los resultados obtenidos, en los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en los apéndice.

De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conformarán el pavimento rígido.

Se cuenta entonces, en este caso, con un material con las siguientes características:

Clasificación P.R.A = A-1-b

Clasificación S.C.U. = SP-SM

Descripción del suelo = arena limosa con grava color café

Límite líquido = 0 %

Límite plástico = 0 %

Descripción del suelo con respecto a los límites = suelo no plástico

Densidad seca máxima = 1,575 kg/m<sup>3</sup>

Humedad óptima = 19,7 %

C.B.R. = 20,50 %, al 99% de compactación

### **3.6. Normas de diseño de pavimentos**

Es común que en Guatemala se utilicen las mismas normas para el diseño de los dos tipos de pavimento, ya que lo principal en estas normas es; efectuar un conteo vehicular, realizar ensayos de suelo, clasificar las cargas de tránsito, determinar el espesor del pavimento, calidad de materiales a utilizar, etc.

#### **3.6.1. Normas de diseño para pavimentos flexibles**

Entre las normas utilizadas para el diseño de pavimentos flexibles se pueden mencionar:

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.
- Manual del Instituto del Asfalto.

#### **3.6.2. Normas de diseño para pavimentos rígidos**

Entre las normas utilizadas para el diseño de pavimentos rígidos se pueden mencionar:

- Portland Cement Association (PCA).
- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.

### **3.6.3. Criterios de diseño a utilizar**

Cuando se trabaja el diseño de un pavimento, se deben tomar en cuenta diferentes criterios para la correcta funcionalidad del mismo, basándose en la resistencia y distribución de cargas, impermeabilidad y superficie de rodamiento adecuada.

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito

Un pavimento debe estar constituido de tal manera que las cargas que sobre él se apliquen no provoquen deformaciones permanentes y perjudiciales en la sub-rasante sobre la cual está colocado, y a la vez se impida la formación de grietas internas en la estructura del mismo y el desplazamiento de partículas ocasionadas por la compresión del tránsito. Por lo tanto, un pavimento debe tener el espesor necesario para soportar y distribuir las cargas del tránsito.

- Tener la impermeabilidad necesaria

El pavimento debe tener impermeabilidad para impedir la infiltración del agua de lluvia, ya que si ésta penetra en exceso provoca la lubricación de las partículas con su consiguiente pérdida en la capacidad de soporte. De esto se deduce que siempre será buena práctica ingenieril el que se cuente con drenaje al proyectarse un pavimento, porque asociado a ello a la impermeabilidad necesaria del pavimento en sí, redundará en una obra estable.

- Resistir la acción destructora de los vehículos

La acción abrasiva de las llantas de los vehículos provoca desgaste de la superficie y desprendimiento de partículas del pavimento. También cierta acción de compresión y fricción. De ahí que el pavimento deba resistir estos efectos.

- Tener resistencia a los agentes atmosféricos

Los agentes atmosféricos actúan continuamente sobre la superficie de los pavimentos provocando la meteorización y alteración de los materiales que lo forman. Se debe tomar en cuenta, que hay materiales que resisten mejor que otros estos efectos y por lo tanto la vida económica y útil del pavimento que será mayor cuando los materiales que lo formen tengan más capacidad de resistencia a los agentes físicos y químicos.

- Tener una superficie de rodamiento adecuada que permita en todo tiempo un tránsito fácil y cómodo de los vehículos

La superficie de rodamiento de un pavimento debe ser segura para la conducción de los vehículos y lo suficientemente lisa para proporcionar marcha confortable y una larga vida de los vehículos, sin embargo, esa superficie lisa y uniforme debe ser siempre antideslizante cuando se encuentre húmeda.

### **3.7. Diseño del pavimento desde la 26 avenida hacia la cabecera municipal**

Se realiza un diseño según las necesidades de la carretera en cuestión, ya que la misma es de asfalto, el cual ha sido reparado en varias ocasiones y

como solución a largo plazo se construirá de concreto de alta resistencia para dar mayor durabilidad y funcionalidad.

### **3.7.1. Análisis de tránsito**

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento, es el tránsito que circulará sobre él. Por lo tanto es necesario conocer los siguientes datos:

- TPD: Tránsito Promedio Diario en ambas direcciones de todos los vehículos.
- TPDC: Tránsito Promedio Diario de Camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

### **3.7.2. Tipo de pavimento a utilizar**

Para este proyecto se utilizará pavimento rígido, debido a estudios realizados a la carpeta existente, la cual cuenta con tres capas de recapeo, de pavimento flexible, lo que ha causado un gasto continuó de mantenimiento y reparación a la carretera en estudio.

### **3.7.3. Diseño geométrico del pavimento**

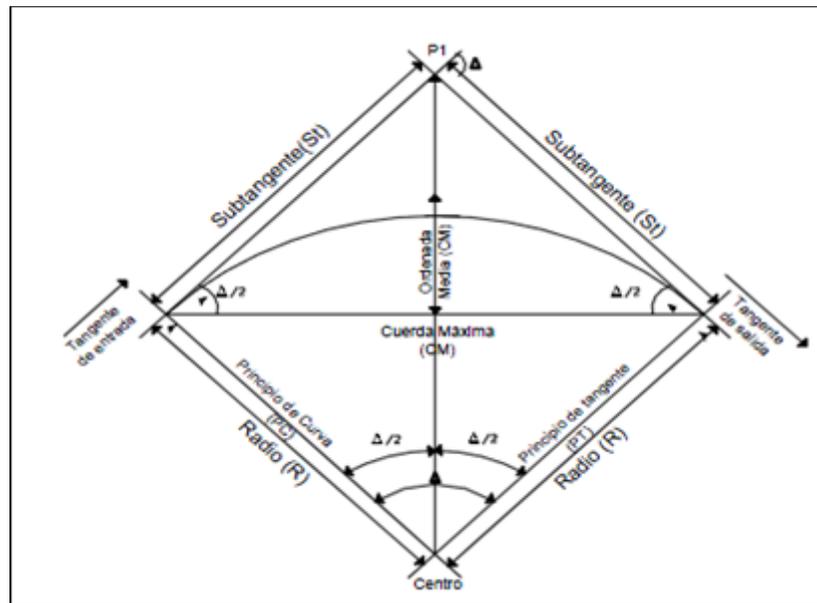
El diseño a efectuar se debe acoplar a los alineamientos, peraltes y sobre ancho existentes, ya que no es posible realizar ningún tipo de modificaciones ni movimientos de tierra en los mismos, esto es debido a que la carretera en cuestión, es principal para el municipio y así mismo los inmuebles existentes alrededor de ella, por lo que solamente se busca proveer una solución

económica y con mayor durabilidad que cumpla como un sistema sustituto del continuo recapeo de la misma.

### Cálculo de elementos de curva 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.

Figura 52. **Elementos de una curva horizontal**



Fuente: CARRANZA AVILA, Byron. Diseño geométrico para el mejoramiento de la carretera CA2-W, a través de un carril de ascenso KM. 102+000 a 105+500, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, p. 19.

- Grado de curvatura (G): es el ángulo subtendido por un arco de 20,00 metros.

$$G = \frac{1\,145,91}{R}$$

- Radio de curvatura (R): es el radio de la curva circular.

$$R = \frac{1\,145,91}{G}$$

- Deflexión angular ( $\Delta$ ): es el ángulo subtendido por la curva circular. En las curvas circulares simples es igual a la de deflexión o cambio de dirección que se da entre las tangentes.

$$\Delta = Az_1 - Az_2$$

- Longitud de curva (L): es la distancia del PC (principio de curva) hasta el PT (principio de tangente), medida a lo largo de la curva, según la definición por arco de 20,00 metros.

$$L = \frac{20\Delta}{G}$$

- Subtangente (St): es la distancia entre PI (punto de intersección) y el PC (principio de curva), medida desde la prolongación de las tangentes.

$$St = R \times \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- Cuerda máxima (Cm): es la distancia en la línea recta desde PC (principio de curva) hasta el PT (principio de tangente).

$$Cm = 2R \times \text{sen} \left( \frac{\Delta}{2} \right)$$

- External (E): es la distancia mínima entre el PI (punto de intersección) y la curva.

$$E = R \left( \sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

- Ordenada media (OM): es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda principal y el punto medio de la curva.

$$OM = R \left( 1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

Caminamiento:

PI = punto de intersección

PC = principio de curva

St = sub-tangente

PT = principio de tangente

En el proceso de diseño y cálculo se deben considerar varios aspectos técnicos, los cuales se enumeran a continuación:

- Todo diseño se realizará en función del principio de seguridad y comodidad en carreteras.

- Es preferible una carretera diseñada para seguir las ondulaciones de las curvas a nivel a una con tangentes, ya que esto disminuye los costos.
- Para una velocidad de diseño dada, debe evitarse el uso de radios mínimos en el cálculo de las curvas horizontales.
- En carreteras del área rural es conveniente evaluar si se usa un radio menor al mínimo permitido por la velocidad de diseño a cambio de incrementar considerablemente el costo de la obra al utilizar radios menores. En estos casos el criterio del diseñador es importante para que puedan circular sin necesidad de hacer maniobras de retroceso.
- Es conveniente aumentar la longitud de las tangentes, en los tramos que cumplan con las características necesarias para esta acción.
- Se deben evitar curvas en donde se localicen puentes, ya que estos deberán ubicarse preferiblemente en tangentes, pero en situaciones especiales se ampliará la curva con un sobre ancho. No deberán diseñarse curvas con radios mínimos antes de entrar a un puente.
- Debe chequearse en cada cálculo la longitud de la tangente, ya que ésta no podrá ser jamás negativa, esto indicaría que dos curvas horizontales se están traslapando.

Ejemplo de cálculo:

Si  $\Delta > 90^\circ$  Se fija radio

Si  $\Delta < 90^\circ$  Se fija sub-tangente

Calculando curva de la estación 5 + 506,60

- Deflexión angular:

$$\Delta = 130^{\circ}34'34'' - 119^{\circ}40'47'' = 10^{\circ}53'47''$$

- Radio:

$$R = \frac{St}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)} = \frac{13,45}{\tan\left(\frac{10^{\circ}53'47''}{2}\right)} = 141,02 \text{ m}$$

- Grado de curvatura:

$$G = \frac{1145,91}{141,02} = 8^{\circ}07'34''$$

- Longitud de curva:

$$L = \frac{20 (8^{\circ}07'34'')}{8^{\circ}07'34''} = 26,82 \text{ m}$$

- Caminamiento:

$$PC = PI - St = 5\ 506,60 - 13,45 = 5\ 493,15 \text{ m}$$

$$PT = PC + L = 5\ 493,15 + 26,82 = 5\ 519,97 \text{ m}$$

Tabla IX. **Curvas horizontales**

Curva	Grado de	Deflexión	Longitud de Curva	Radio	Sub Tangent	CAMINAMIENTO	
No.	G	Δ	L	R	St	PC	PT
1	8°07'34"	10°53'47"	26,82	141,02	13,45	5 + 493,15	5 + 519,97
2	3°11'39"	18°13'17"	101,57	358,76	51,13	5 + 836,54	5 + 938,11
3	4°55'03"	18°28'44"	76,18	233,03	37,91	6 + 300,90	6 + 376,08
4	41°28'56"	27°04'07"	13,05	27,62	6,65	6 + 533,04	6 + 568,09
5	18°37'58"	31°49'21"	34,00	81,50	17,44	6 + 572,01	6 + 606,01
6	32°16'17"	71°11'30"	44,07	35,47	25,38	6 + 674,73	6 + 716,51
7	22°19'30"	43°22'16"	36,85	51,33	20,41	6 + 774,61	6 + 813,68
8	28°39'41"	72°15'55"	50,43	39,98	29,19	6 + 939,97	6 + 990,40
9	30°54'49"	103°14'04"	66,79	37,07	46,80	7 + 060,46	7 + 117,25
10	9°10'25"	10°53'03"	23,75	124,92	11,90	7 + 146,29	7 + 170,09
11	16°34'49"	35°56'16"	43,35	69,11	22,41	7 + 211,44	7 + 254,69
12	3°38'50"	8°23'58"	46,06	314,18	23,07	7 + 328,01	7 + 373,02
13	22°54'30"	48°22'19"	42,23	50,02	22,47	7 + 385,64	7 + 427,87
14	10°11'58"	18°23'07"	38,05	112,95	18,18	7 + 436,25	7 + 472,38
15	11°43'30"	21°05'02"	35,96	97,73	18,19	7 + 543,90	7 + 579,86
16	146°04'46"	85°02'01"	34,36	23,15	21,23	7 + 595,06	7 + 629,44
17	30°33'59"	20°55'18"	13,69	37,49	6,92	7 + 629,44	7 + 643,13
18	20°06'21"	33°04'18"	12,16	21,07	6,25	7 + 662,26	7 + 674,44
19	17°58'25"	25°00'58"	27,89	83,87	14,17	7 + 691,01	7 + 719,97
20	78°46'09"	48°07'06"	32,74	38,96	17,41	7 + 738,23	7 + 770,97
21	25°59'50"	49°26'30"	10,52	12,19	5,61	7 + 770,97	7 + 803,74
22	110°58'17"	131°49'04"	16,84	7,32	16,37	7 + 803,74	7 + 820,56
23	263°31'54"	190°44'43"	27,63	8,30	88,25	7 + 841,69	7 + 885,35
24	26°32'60"	51°38'51"	11,05	12,26	5,93	7 + 928,97	7 + 952,28
25	83°49'17"	112°63'59"	14,85	7,54	11,36	7 + 952,28	7 + 971,97
26	204°53'25"	65°34'11"	62,50	54,51	35,17	7 + 971,97	8 + 033,49
27	87°11'11"	85°21'47"	26,66	23,38	15,00	8 + 037,63	8 + 064,50
28	6°50'53"	35°03'47"	102,49	167,33	52,86	8 + 100,23	8 + 202,68
29	8°54'52"	24°05'42"	54,06	128,55	27,43	8 + 255,10	8 + 309,16
30	9°07'29"	16°38'27"	36,47	125,59	18,37	8 + 315,57	8 + 352,06
31	3°30'12"	12°40'40"	72,38	327,10	36,34	8 + 422,73	8 + 495,10
32	7°54'24"	29°24'40"	74,40	144,93	38,04	8 + 541,11	8 + 615,51
33	13°45'05"	48°03'31"	69,90	83,33	37,15	8 + 678,55	8 + 748,45
34	30°45'04"	46°05'40"	29,98	37,26	15,85	8 + 763,61	8 + 813,48

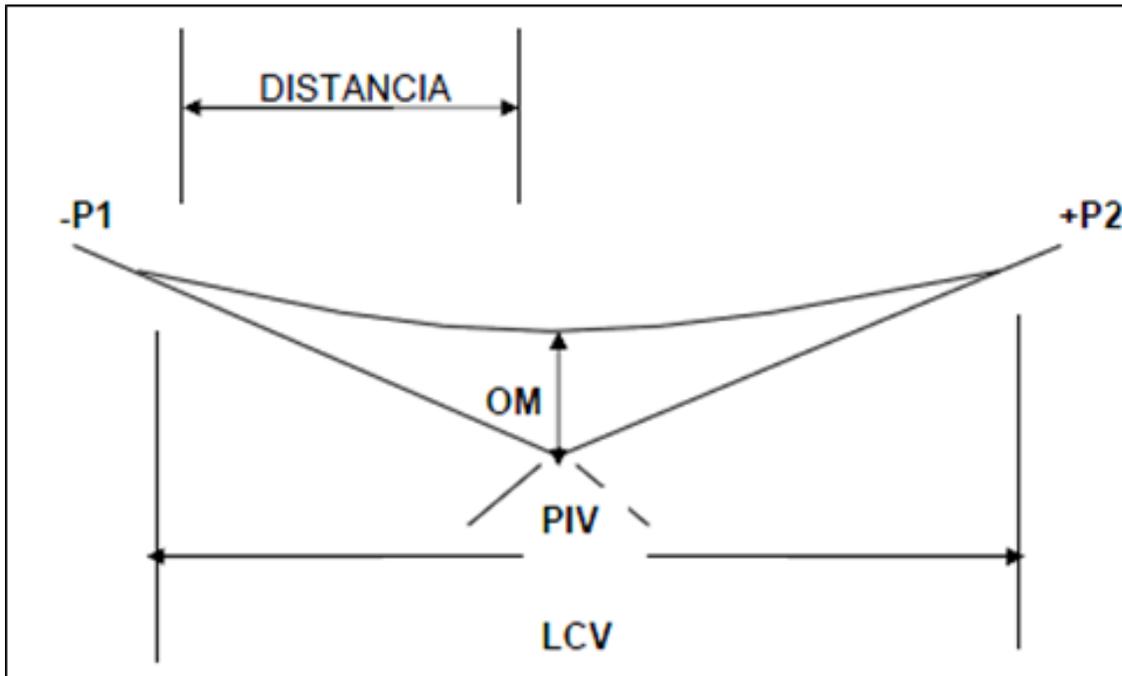
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Excel 2010.

- Determinación de curva vertical

Las carreteras no sólo están conformadas por curvas horizontales, sino también por curvas verticales; lo anterior significa que se está trabajando en tres dimensiones. Para su diseño y simplificación de trabajo las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría. En la parte de la altimetría se estudian las curvas verticales, que pueden ser cóncavas o convexas, también existen curvas en ascenso con ambas pendientes positivas (convexas) y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas).

La finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente, estas curvas pueden ser circulares o parabólicas aunque la más usada en el 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. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño. Para 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.

Figura 53. Elementos de una curva vertical



Fuente: CARRANZA AVILA, Byron. Diseño geométrico para el mejoramiento de la carretera CA2-W, a través de un carril de ascenso KM. 102+000 a 105+500, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, p. 24.

Donde:

Lcv = longitud de curva vertical

OM = ordenada media

PIV = punto de intersección vertical

P1 = pendiente de entrada

P2 = pendiente de salida

A% = diferencia algebraica de pendientes

k = constante que depende de las velocidades de diseño

Ejemplo de cálculo:

Calculando curva de la estación 7 + 474,98

Clasificar curva por medio de velocidad de diseño y forma (valor de pendientes)

Velocidad de diseño 55 kilómetros por hora

Curva convexa

$k = 8,88$  según tabla de valores de  $k$  (ver anexos)

D. A. = - 11% - 1,40% = - 12,40%

$L = 8,88 \times 12,40 = 110,00$  m

Caminamiento:

PIV = punto de intersección vertical

PCV = principio de curva vertical

PTV = principio de tangente vertical

E = external

$PCV = PIV - L/2 = 7\ 474,98 - 110/2 = 7\ 462,53$

$PTV = PIV + L/2 = 7\ 474,98 + 110/2 = 7\ 572,52$

$E_e = PIV - m_e \times L/2 = 1\ 504,35 - 0,014 \times 110/2 = 1\ 503,58$

$E_s = PIV - m_s \times L/2 = 1\ 504,35 - 0,11 \times 110/2 = 1\ 498,30$

Tabla X. **Curvas verticales**

Curva	Pendiente de entrada %	Pendiente de Salida %	Diferencia algebraica	Punto Intersección Vertical	Elevación de PIV	Longitud de Curva	Principio de Curva	Principio de Tangente
1	2,40	2,00	0,40	5 + 422,02	1412,72	20,00	5 + 412,02	5 + 468,02
2	2,00	1,70	0,30	5 + 476,70	1413,86	20,00	5 + 468,70	5 + 488,70
3	1,70	3,00	1,30	5 + 639,04	1416,58	100,00	5 + 589,04	5 + 689,04
4	3,00	6,00	3,00	5 + 786,35	1421,00	70,00	5 + 571,35	5 + 821,35
5	6,00	7,50	1,50	5 + 869,42	1425,99	40,00	5 + 849,42	5 + 889,42
6	7,50	4,55	2,95	5 + 943,61	1431,55	60,00	5 + 913,61	5 + 973,61
7	4,55	5,00	0,45	6 + 087,90	1438,12	40,00	6 + 087,90	6 + 107,90
8	5,00	8,00	3,00	6 + 149,83	1441,21	40,00	6 + 129,83	6 + 169,83
9	8,00	9,70	1,70	6 + 309,05	1453,95	80,00	6 + 269,05	6 + 349,05
10	9,70	12,35	2,65	6 + 505,77	1473,03	40,00	6 + 485,77	6 + 525,77
11	12,35	8,05	4,29	6 + 583,78	1482,67	40,00	6 + 583,78	6 + 603,78
12	8,75	11,00	2,25	6 + 660,39	1489,12	20,00	6 + 650,39	6 + 670,39
13	11,00	9,50	1,50	6 + 699,41	1493,41	30,00	6 + 684,41	6 + 714,41
14	9,50	2,25	7,25	6 + 758,62	1499,03	60,00	6 + 728,62	6 + 788,62
15	2,25	3,70	5,95	6 + 924,37	1502,76	70,00	6 + 889,37	6 + 959,37
16	3,70	0,10	3,60	7 + 029,06	1498,89	40,00	7 + 009,06	7 + 049,06
17	0,10	1,95	2,05	7 + 192,25	1496,73	60,00	7 + 162,25	7 + 222,25
18	1,95	1,35	0,60	7 + 327,50	1501,39	30,00	7 + 312,50	7 + 342,50
19	1,35	2,50	1,15	7 + 392,60	1502,24	30,00	7 + 377,60	7 + 407,60
20	2,50	1,40	1,10	7 + 424,97	1503,05	30,00	7 + 409,97	7 + 489,97
21	1,40	11,00	12,40	7 + 517,52	1504,35	110,00	7 + 482,52	7 + 572,52
22	11,00	22,00	11,00	7 + 614,43	1493,69	50,00	7 + 589,43	7 + 639,43
23	22,00	0,01	21,98	7 + 650,40	1485,78	10,00	7 + 645,40	7 + 655,40

Continuación de tabla X.

24	0,01	8,00	8,01	7 + 664,23	1485,77	7,70	7 + 660,38	7 + 668,08
25	8,00	5,00	3,00	7 + 683,58	1487,32	25,00	7 + 671,08	7 + 698,08
26	5,00	10,50	5,50	7 + 754,12	1490,85	50,00	7 + 729,12	7 + 779,25
27	10,50	12,50	2,00	7 + 922,51	1508,53	40,00	7 + 902,51	7 + 942,51
28	12,50	7,15	5,35	7 + 963,64	1513,67	40,00	7 + 943,61	7 + 983,61
29	7,15	3,50	10,65	8 + 052,61	1520,03	20,00	8 + 042,81	8 + 061,81
30	3,50	8,25	4,75	8 + 082,35	1518,99	30,00	8 + 067,35	8 + 097,35
31	8,25	14,50	6,25	8 + 175,84	1511,28	30,00	8 + 160,84	8 + 190,84
32	14,50	10,50	4,00	8 + 274,69	1496,25	40,00	8 + 254,69	8 + 296,69
33	10,50	17,00	8,50	8 + 504,06	1472,86	120,00	8 + 444,08	8 + 584,08
34	17,00	9,00	8,00	8 + 695,87	1440,26	40,00	8 + 675,87	8 + 715,87
35	9,00	11,00	2,00	8 + 778,15	1432,82	23,96	8 + 766,51	8 + 790,51
36	11,00	3,80	7,20	8 + 821,63	1428,07	60,00	8 + 791,63	8 + 851,63
37	3,80	7,75	3,95	8 + 942,56	1423,48	100,00	8 + 892,55	8 + 992,55
38	7,75	0,22	7,53	9 + 008,95	1418,33	54,00	9 + 008,95	9 + 062,95
39	1,30	3,15	4,45	9 + 093,69	1418,04	30,00	9 + 078,69	9 + 108,69

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Excel 2010.

#### 3.7.4. Diseño estructural del pavimento

Para el dimensionamiento del espesor de losas de un pavimento rígido la *Portland Cement Association (PCA)* ha elaborado dos métodos para el cálculo del espesor, el método de capacidad y el método simplificado.

- Método de capacidad. Es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este método asume datos detallados de carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas.

- Método simplificado. Este es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje, y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles.

Los lineamientos a seguir para el diseño del espesor de losa, con base en el método simplificado, son los presentados a continuación:

- Estimar TPDC (tránsito promedio diario de camiones) en dos direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- Determinar la categoría por eje según la tabla correspondiente.
- Obtener el módulo de reacción de la sub-rasante “k” por medio del valor soporte del suelo (CBR).
- Proponer el módulo de ruptura del concreto y determinar el espesor de la losa.

Figura 54. Clasificación de vehículos según su categoría

CARGA POR EJE CATEGORIA	DESCRIPCION	TRÁFICO			MAXIMA CARGA POR EJE, KIPS	
		TPD	TPDC		Eje Sencillo	Eje Tandem
			%	Por día		
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 18	De 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 2 carriles 3000 a 5000 4 carriles o más.	8 a 30	De 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales y carreteras primarias supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 2 carriles 3000 a 15000 4 carriles o más.	8 a 30	De 1500 a 8000	34	60

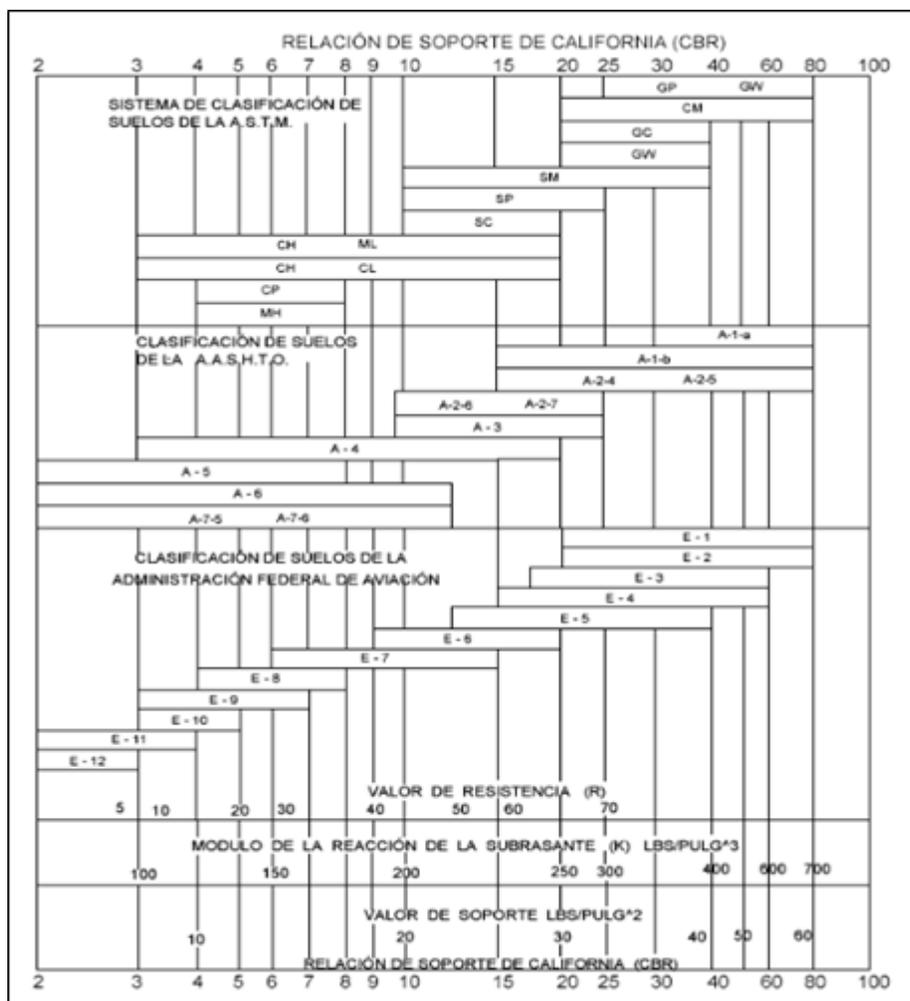
Fuente: Westergaard H.N. Computation of stresses in concrete roads. p. 48.

La selección del tránsito promedio diario (TPD) se establece con base en lo que representa el lugar en donde se diseñó el pavimento, es decir, que para este proyecto, es de gran importancia para el municipio como para la ciudad, ya que es utilizada como entrada principal de la cabecera municipal y como vía alterna para la carretera CA-1. Por lo tanto se considera que circularan entre 3 000 a 12 000 vehículos diarios por esta carretera, de los cuales se tomó un 15 por ciento para el TPDC (1 800 camiones en total) en ambas direcciones y se

utilizó un período de 20 años. Según lo mencionado anteriormente se clasifica en la categoría número tres de la figura 53.

Clasificación de suelo = A -1- b, C.B.R.= 20,5%

Figura 55. **Determinación del valor K por medio del CBR**



Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 5.

En donde el módulo de reacción K es de 255 libras sobre pulgada cubica, identificado en la figura 55, la subrasante se clasifica en la figura 56.

Figura 56. **Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

TIPO DE SUELOS	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K (PCI)
Suelo de grano fino, en el cual el tamaño de partículas limo y arcilla predominan.	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130-170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180-220
Sub-bases tratadas con cemento	Muy alto	250-400

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge. Consideraciones Generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos, p. 149.

El suelo subrasante se encuentra en la categoría de subbases tratadas con cemento; y tiene un soporte muy alto.

No se diseñara una base para la estructura del pavimento debido a que la carpeta existente de asfalto es capaz de cumplir con las especificaciones necesarias para realizar esta función.

Se debe estimar el módulo de ruptura y el espesor de losa con base en las propiedades de la subrasante y las cargas que transitaran sobre la misma.

## Módulo de ruptura del concreto (MR)

Las condiciones sobre la resistencia a la flexión del concreto son aplicables en el procedimiento de diseño para el criterio de fátiga (para controlar agrietamiento) y erosión (para controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de juntas).

La flexión de un pavimento de concreto bajo cargas de eje, produce tanto esfuerzos de flexión como de compresión. Sin embargo, la relación de esfuerzos compresivos a resistencia a la compresión es bastante pequeña como para influenciar el diseño del espesor de losa. En cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores y por eso la importancia de diseñar con estos valores para el diseño de los pavimentos rígidos.

La fuerza de flexión está determinada por el módulo de ruptura del concreto (MR), el cual está definido como, el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga de concreto.

El proceso para determinar el módulo de ruptura, será llevado a cabo según la Norma ASTM C-78. El resultado del ensayo a los 28 días, es comúnmente para el diseño de autopistas y calles; por lo que es recomendado utilizar las porciones superiores de las tablas de diseño, con resistencia a la flexión en el rango de 600 y 650 libras por pulgada cuadrada.

Para este caso por la importancia de carretera y cargas que transitaran sobre ella se utilizó un módulo de ruptura de 650 libras por pulgada cuadrada.

Figura 57. Pavimento con juntas con agregados de trabe

	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte		Sub-rasante		Espesor de la losa Pulg.	Soporte		Sub-rasante	
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR = 650PSI	7.5			250*		60*	750	220*		510
	8			130*		350*	320*	640	890	1400
	8.5	830					610	1100	1500	2500
	9	160*	640*	900	1300		950	1800	2700	4700
	9.5	680	1000	1300	2000	9	1500	2900	4600	8700
	10	960	1500	2000	2900	9.5	2300	4700	8000	
	10.5	1300	2100	2800	4300	10	3500	7700		
	11	1800	2900	4000	6300	10.5	5300			
MR = 600PSI	8					73*				120*
	8.5	310*					440*			
	9			140*	380*		67*	270*	680*	1400
	9.5	1300								
	10	160*	640*	1300	2000	8	370*	1100	1500	2500
	10.5	630*	1500	2000	2900	8.5	950	1800	2700	4700
	11	1300	2100	2800	4300	9	1500	2900	4600	8700
	11.5	1800	2900	4000	6300	9.5	2300	4700	8000	
MR = 550PSI	8									
	8.5	56*				70*	82*			130*
	9			120*	340*			67*	270*	670*
	9.5	300*								
	10	1300*					2300*			
	10.5	120*	520*	1300*	2900	8.5	330*	1200*	2700	4700
	11	460*	1900*	2800	4300	9	1400*	2900	4600	8700
	11.5	1600*	2900	4000	6300	9.5	2300	4700	8000	
12	2500	4000	5700	9200	10	3500	7700			
	3300	5500	7900		10.5	5300				
	4400	7500			11	8100				

Fuente: PAZ VALENZUELA, Jorge. Diseño de pavimento rígido para la aldea El Rosario y drenaje sanitario para el micro parcelamiento El Naranjo, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, Pág. 68

Posterior a clasificar la sub-rasante, la base, TPDC y el módulo de ruptura a utilizar, se establece en la figura 57 (en las columnas del lado izquierdo, ya que no incluye bordillos el diseño), el módulo de ruptura seleccionado y los valores o rangos donde se ubique nuestro valor de la sub-rasante ( $K = 255$ , MUY ALTO), se ubican rangos o valores cercanos al TPDC seleccionado y se interpolan para obtener el espesor, en este caso se ve que los rangos están entre 1 300 y 2 000, para espesores de 8,5 pulgadas (21,59 centímetros) y 9 pulgadas (22,86 centímetros), Se utilizará un espesor de 22 centímetros, ya que es un valor medio que se encuentra entre los rangos para cumplir el tiempo de servicio y correcta distribución de cargas hacia las capas inferiores.

Posterior al diseño de espesores y capas que conformaran el pavimento se deben realizar obras complementarias que extiendan y garanticen el período de diseño.

- Drenajes

Tienen como propósito fundamental recolectar y evacuar el agua de la carpeta de rodadura para eliminar cualquier tipo de riesgo e inaccesibilidad provocada por la misma.

Las cunetas constituyen el elemento fundamental del drenaje en la explanación. Están constituidas por canales abiertos que, en el límite de la calzada, recogen y desalojan la escorrentía lo más pronto posible. Se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

Previo al diseño se debe tomar en cuenta varios factores que influirán en el mismo, lo cuales son presentados a continuación.

- Pendiente y tramo de diseño

Se elige el tramo con menor pendiente ya que este será el crítico y utilizado para todo el recorrido.

Estación 7 + 222,25 a estación 7 + 342,50

Longitud = 120,25 m = 0,120 Km

Pendiente = 1,95 %

H = 2,34

- Área tributaria (At)

Es la que contribuye a la escorrentía del agua sobre la estructura de drenaje, se determina en función de la aportación total de la cuenca.

At = 9 425,05 hectáreas = 0,94 m<sup>2</sup>

- Coeficiente de escorrentía (C)

Es el porcentaje de agua de precipitación total tomada en consideración, pues no todo el volumen de precipitación drena por medios naturales o artificiales. Esto se debe a la infiltración, evaporación, acumulación en el suelo y sub-suelo, etc. Por lo que existen diferentes coeficientes para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie.

Tabla XI. **Algunos coeficientes utilizados en Guatemala**

TIPO DE SUPERFICIE	C
Centro de la ciudad	0,70 - 0,95
Fuera del centro de la ciudad	0,50 - 0,70
Parques, cementerios	0,10 - 0,25
Áreas no urbanizadas	0,10 - 0,30
Asfalto	0,70 - 0,95
Concreto	0,80 - 0,95
Adoquín	0,70 - 0,85
Suelo arenoso	0,15 - 0,20
Suelo duro	0,25 - 0,30
Bosques	0,20 - 0,25

Fuente: GIL LAROJ, Matías Joram. Evaluación de tragantes pluviales para la ciudad de Guatemala 1984.

Se trabajara con coeficiente de 0,50 y se clasificara como “Fuera del centro de la ciudad” ya que son áreas aledañas a la misma, más no boscosas ni totalmente urbanizadas.

- Tiempo de concentración ( $T_c$ )

Es el tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio.

$$T_c = \left( \frac{0,866L^3}{H} \right)^{0,385} \times 60$$

Donde:

$T_c$  = tiempo de concentración en minutos

L = longitud del cauce principal en kilómetros

H = diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros

$$T_c = \left( \frac{0,866 \times 0,120^3}{2,34} \right)^{0,385} \times 60 = 3,6 \text{ min}$$

- Intensidad de lluvia (I)

Es el espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo, producida por ésta, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Se mide en milímetros por hora (mm/hr). La intensidad de lluvia se determinó de acuerdo a curvas de intensidad de lluvia elaboradas por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), basados en la estación pluviométrica ubicada a inmediación de la cabecera departamental (Río Pensativo en Antigua Guatemala).

Tabla XII. **Fórmulas intensidad de lluvia**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala (Zona Atlántica)	2 838 / Tc + 18	3 706 / Tc + 22	4 204 / Tc + 23	4 604 / Tc + 24
Ciudad de Guatemala (Zona Pacífica)				6 889 / Tc + 40
Bananera, Izabal	5771 / Tc + 48,8	710 395 / Tc + 53,8	7 961 / Tc + 56,63	36 677 / Tc + 58,43
Labor Ovale Quetzaltenango	977,7 / Tc + 3,8	11 285 / Tc + 3,24	134 554 / Tc + 3,49	
La Fragua Zacapa	37 005 / Tc + 50	39 905 / Tc + 41,75	4 040 / Tc + 37,14	
Chimaltenango	1 712 / Tc + 8,70	2 201 / Tc + 10,70		

Fuente: ROSALES ZELADA, Sergio Víctor. Diseño de tramo carretero, para el acceso directo al cantón Lourdes, del municipio de Guatemala, departamento de Guatemala, p. 24.

El diseño se trabajara para 20 años, con base en la ubicación del municipio se elige la fórmula a calcular.

$$I = \left( \frac{4\ 604}{T_c + 24} \right)$$

$$I = \left( \frac{4\ 604}{3,6 + 24} \right) = 166,81 \text{ mm / hr}$$

- Caudal de diseño (Q)

Por la naturaleza de este trabajo se utilizara el método racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima, debe prolongarse durante un período igual o mayor al que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado. Este método está representado por la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal de diseño

A = área drenada de la cuenca

I = intensidad de lluvia

C = coeficiente de escorrentía

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0,50 \times 166,81 \times 0,94}{360} = 0,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de profundidad de cuneta con fórmula de Manning - Strickler:

$$Q = K A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

k = coeficiente de rugosidad para cunetas de concreto

R = radio hidráulico

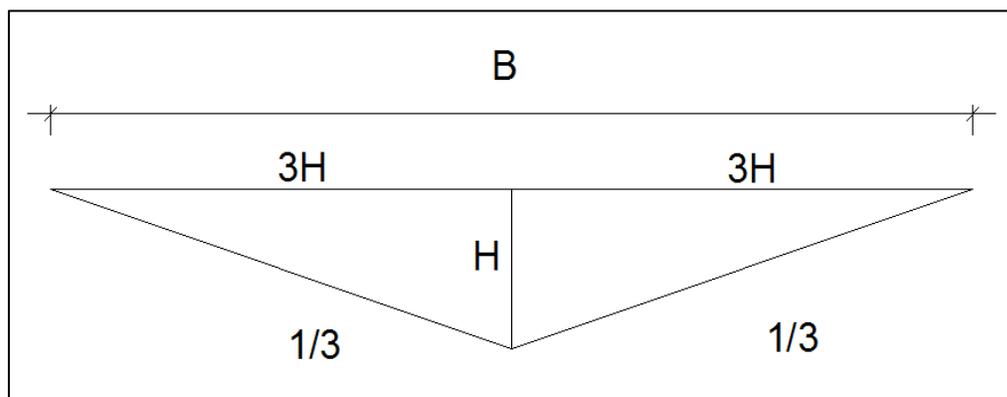
S = pendiente

Q = caudal

A = área transversal de cuneta (m<sup>2</sup>)

Sabiendo que el caudal de referencia es 0,24 metros cúbicos sobre segundo, determinamos las dimensiones, tomando un resguardo de 15 por ciento. Tanto el área A como el perímetro P que define el radio hidráulico puede ponerse en función de la profundidad H de la cuneta y así encontrar el ancho B. En la figura 13 se observa la relación entre largo y ancho para el diseño de cuneta triangular.

Figura 58. **Relación de ancho y altura de cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

Se sabe que el área de un triángulo es  $\frac{1}{2}$  de la base por la altura de la figura se tiene que la base es  $6H$  y la profundidad es  $H$  entonces sustituyendo

$$A = \frac{1}{2} (6H) \times (H)$$

$$A = \frac{1}{2} 6H^2$$

$$A = 3H^2$$

De igual forma se sustituye para encontrar el perímetro ( $P$ ) y queda que:

$$A = 3H^2, P = 4H \text{ sabiendo que } R = A/P$$

$$R = \frac{3H^2}{4H}$$

$$R = \frac{3H}{4}$$

Obteniendo el coeficiente  $k$  de la tabla X:

Tabla XIII. **Coeficiente de rugosidad para cunetas de concreto**

Material	K (m <sup>3</sup> /s)
tierra	40 - 50
roca	30 - 35
tubo corrugado	35 - 50
cuneta hormigón	60 - 75

Fuente: BLÁSQUEZ, Luis Bañón. El agua y la carretera. p. 22.

Se elige el más desfavorable  $k = 60$

Sustituyendo datos y despejando H en la fórmula

$$Q = K A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$0,21 = 60 \times 3H^2 \times (3H/4)^{2/3} \times 0,019^{1/2}$$

$$0,21 = 8,27 \times (3H^2 \times 3H^{2/3}/16)$$

$$0,21 = 8,27 \times 9/16H^{4/3}$$

$$0,21/8,27/0,56 = H^{4/3}$$

0,11 = H, H = 11,00 cm y calculamos H con el 15 por ciento de resguardo.

$$H = 1,15 \times (11) = 12,65 \approx 13 \text{ cm}$$

$$B = 2 \times 3(13,00) = 78 \text{ cm}$$

- Juntas

Debido a los cambios de temperatura originados por el clima y fraguado del concreto, el mismo sufre de contracción y dilatación en su superficie, por lo tanto es necesario la colocación de juntas para prevenir las posibles grietas que puedan surgir.

A continuación se enumeran los tipos de juntas existentes:

- Juntas Longitudinales

Se construyen para controlar grietas longitudinales, tienen un espaciamiento de 2,50 metros a 3,60 metros sin utilizar varillas de sujeción, aunque si sobrepasaran los 3,60 metros hasta llegar a 4,64 metros de espaciamiento, será necesario utilizar varillas, cuando supera los 4,64 metros es necesario colocar acero continuo en toda la pavimentación.

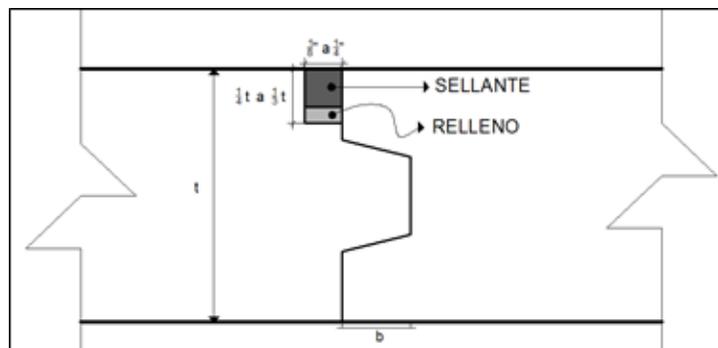
Es esencial que la profundidad de la junta longitudinal sea de 1/3 a 1/4 del espesor de la losa; de otra manera las grietas no pueden ser controladas. El ancho del aserrado de la junta es comúnmente de 1/8 a 1/4. El aserrado debe ser hecho muy temprano para controlar el quebramiento dentro de las 12 horas. Para el dimensionamiento de la junta se usa la tabla.

Figura 59. Dimensiones de machihembrado

Espesor del pavimento en cms	Machimbre semirredondeado a en cms	Machimbre trapezoidal	
		a en cm	b en cm
10-12,5	2,5	2,5	1,3
12,5-17,5	3,2	3,2	1,6
17,5-22,6	3,8	3,8	1,9
23-25	5	5	2,5

Fuente: COY ICAL, Albin Omar. Diseño de, puente peatonal para aldea Caclahib, pavimento rígido y drenaje pluvial para el barrio San Luis cabecera municipal San Juan Chamelco, departamento de Alta Verapaz, p. 49.

Figura 60. Detalle de junta longitudinal y dimensiones del aserrado



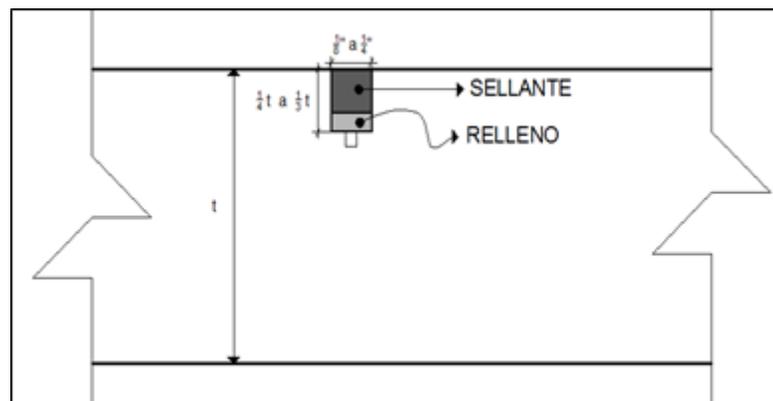
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

- Juntas transversales

Se construyen para controlar grietas transversales, tienen un espaciamiento de menor o igual a 4,50 metros sin utilizar varillas de sujeción, aunque si sobrepasaran los 4,50 metros hasta llegar a 6,50 metros de espaciamiento, será necesario utilizar varillas, cuando supera los 6,50 metros es necesario colocar acero continuo en toda la pavimentación.

Es esencial que la profundidad de la junta longitudinal sea de  $\frac{1}{3}$  a  $\frac{1}{4}$  del espesor de la losa; de otra manera las grietas no pueden ser controladas. El ancho del aserrado de la junta es comúnmente de  $\frac{1}{8}$  a  $\frac{1}{4}$ .

Figura 61. **Detalle de junta transversal y dimensiones del aserrado**



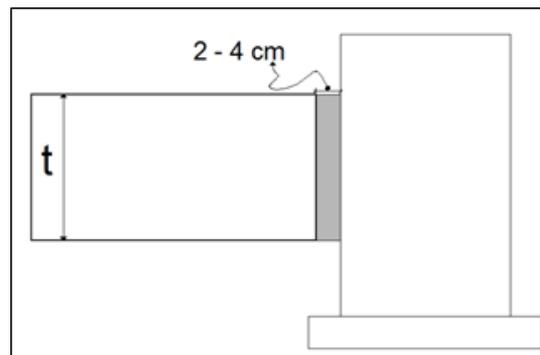
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

- Juntas de expansión

Son necesarias únicamente cuando existan estructuras fijas, tales como: puentes, aceras, alcantarillas, etc. Se dejará una separación de dos centímetros, donde sea necesario. Su función es disminuir las tensiones,

cuando el concreto se expande. Es obligatoria su colocación frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares. Entre estas juntas se deja un espacio de 2 a 4 centímetros, el cual se rellena con un cartón o con fibras asfálticas que se comprimen cuando se presentan los esfuerzos de compresión y se expanden aunque sea en parte al cesar los esfuerzos.

Figura 62. **Detalle de junta de expansión**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009

- **Juntas de construcción**

Son necesarias cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Son de tipo trabado, debido a que llevan barras de acero o material adecuado que forman tabiques, y cara vertical con una traba apropiada.

Se procura colocar de alguna manera una losa completa, al formar una sección vertical lisa en donde se insertan varillas corrugadas que sin permitir la abertura de la grieta transmiten la carga. La varilla se embebe una longitud dentro de la losa ya construida y se deja la misma longitud afuera para que la cubra el nuevo concreto a instalar.

Para este caso se utilizara una varilla de  $\varnothing = 1 \frac{1}{4}$  ", con una longitud total de 40 centímetros, se ubicara a cada 30 centímetros, para evitar corrosión y los problemas futuros de transferencia de carga, previo a la instalación de estas se aplicara un epóxico adherente.

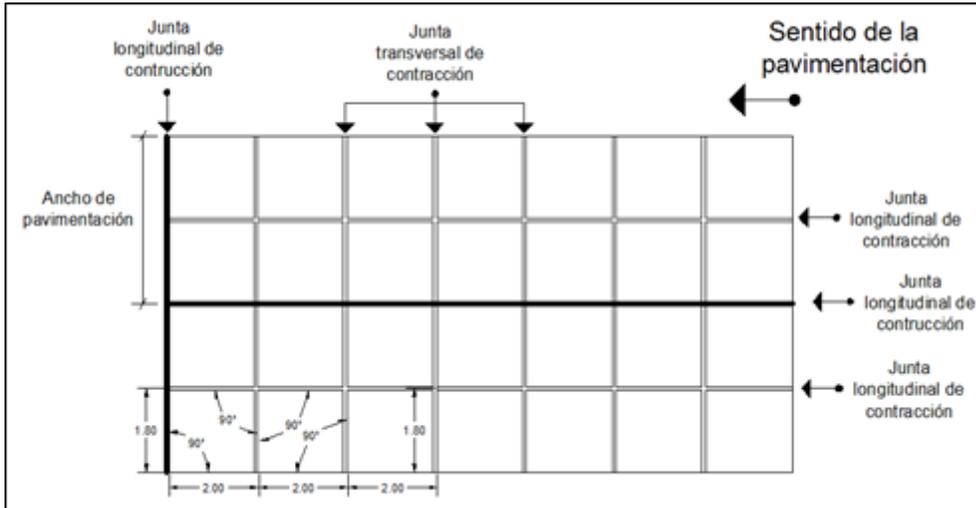
Figura 63. **Diámetros para pasajuntas en sobrecarpetas de concreto**

Espesor del Pavimento (Pulg)	Diámetro de la Pasajuntas (Pulg)	Longitud de la barra (cm)	Separación entre centros (cm)
4	no son necesarias		
5	no son necesarias		
6	no son necesarias		
7	no son necesarias		
8	1,25	38	30
9	1,25	38	30
10	1,5	41	30
11	1,5	41	30
12	1,5	41	30

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos, p. 101.

Para las juntas se harán cortes para generar losas de 1,80 metros en sentido longitudinal y 2,00 metros en sentido transversal. Esto significa que cada carril de 3,60 metros de ancho se cortará al centro para generar 2 carriles de 1,80 metros.

Figura 64. **Distribución de cortes y juntas en pavimentación**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2009.

### 3.7.5. Planos constructivos

Son representaciones gráficas que especifican todos los trabajos a realizar en el proyecto, sirven para presupuestar y ejecutar los trabajos del mismo.

Los planos que se elaboraron son: planta y perfil general del proyecto, planta y perfil de las diferentes estaciones y detalles constructivos.

### 3.7.6. Presupuesto

Es el cálculo anticipado del gasto o del costo de una obra. Sirve como instrumento para visualizar la planificación, programación de recursos y sus prioridades; además refleja lo que se va hacer, hasta qué punto, para que y como, su objetivo general es lograr la eficiencia y equidad.

Todo presupuesto, se constituye de dos incisos fundamentales:

- Costos directos

Estará conformado por la suma de valores de los precios unitarios, los cuales están en función de: materiales, mano de obra, prestaciones laborales, herramienta y equipo necesario para la realización del proceso constructivo.

- Costos indirectos

Será la suma de los gastos técnicos, administrativos, de supervisión y de utilidades, necesarios para la correcta realización de procesos productivos.

Para la elaboración del presupuesto, se encontraron las cantidades de trabajo, se calcularon los costos directos y a estos se les aplicó un 35 por ciento, para la integración de costos indirectos.

#### **3.7.6.1. Cantidades de trabajo**

Es donde se analizan cada uno de los componentes por unidades de ejecución y se enumeran por renglones, siguiendo la secuencia lógica de construcción. Posterior al desglose se procede a asignar a cada renglón una unidad de medida.

#### **3.7.6.2. Integración de precios unitarios**

Es el precio por unidad de medida, que se obtiene por medio de la integración del costeo de materiales, equipo, herramienta, mano de obra, prestación laboral, administración, supervisión y utilidades.

### 3.7.6.3. Resumen de presupuesto

Sirve para puntualizar y costear cada gasto y cantidad de trabajo a realizar con el objetivo de mantenerse y acoplarse el presupuesto disponible para la ejecución.

Tabla XIV. Presupuesto para carretera de entrada en cabecera municipal

PROYECTO		Pavimentación desde la 26 av. hacia la cabecera municipal, Santa Catarina Pinula.			
No	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO	COSTO REGLÓN
1	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1.1	Replanteo	3,70	Km	Q 5 656,39	Q 20 928,64
2	<b>PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO</b>				
2,1	Perfilado de carpeta asfáltica de espesor 0,03 m	33 306,30	m <sup>2</sup>	Q 57,25	Q 1 906 785,68
2,2	Construcción de cunetas Tipo "U" de 0,15 m de espesor	2 809,10	m	Q 180,96	Q 508 334,74
2,3	Carpeta de rodadura espesor 0,22 m de espesor de concreto de 5000 PSI	33 306,30	m <sup>2</sup>	Q 316,74	Q 10 549 437,46
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 12 985 486,52</b>

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Excel 2010.

### 3.7.7. Cronograma de ejecución físico y financiero

Es la concatenación de actividades calendarizadas consistentes en desarrollar un proyecto, tomando como sustentación del mismo el tiempo de ejecución e inversión económica necesaria para su desarrollo. Además permite planificar y controlar los resultados y avances de corto, mediano y largo plazo.

Tabla XV. Cronograma de ejecución e inversión para carretera

DESCRIPCIÓN	cant.	unidad	% inversión	% acumulado	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6				mes 7				mes 8				AVANCE FINANCIERO									
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4										
<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>																																														
1.1	Replanteo		8,00%	8,00%																																										Q 20928,64
		sem Q.			10.464,32				10.464,32																																					
<b>2 PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO</b>																																														
2.1	Perfilado de carpeta asfáltica de espesor 0,03 m	33 306,30	m <sup>2</sup>	35,00%																																										Q 1 906 785,68
		sem Q.			476 696,42				476 696,42																																					
2.2	Construcción de cunetas Tipo "U" de 0,15 m de espesor	2 809,10	m	20,00%																																										Q 508 334,74
		sem Q.																																												
2.3	Carpeta de rodadura espesor 0,22 m de espesor de concreto de 5000 PSI	33 306,30	m <sup>2</sup>	45,00%																																										Q10 549 437,46
		sem Q.																																												
<b>Avance Financiero</b>		Q.		100,00%																																										
<b>Avance Financiero Acumulado</b>		Q.																																												
					487 160,74				2 405 240,28																																					
					487 160,74				2 882 401,02																																					

### 3.8. Evaluación Ambiental Inicial (EAI)

Es el instrumento de análisis ambiental, utilizado para evaluar y/o auditar proyectos con el objetivo de ordenar y generar mitigaciones para el medio ambiente.

Tabla XVI. **Boleta de identificación y evaluación riesgo para carretera**

Boleta de Identificación y Evaluación de Riesgo en Proyectos de Inversión Pública.												
Proyecto: Pavimentación desde la 26 av. hacia la cabecera municipal, Santa Catarina Pinula												
Localización: SANTA CATARINA PINULA												
Identificación y Evaluación de Riesgo Programa	N.A.	Exposición al evento	Genera el evento	Nivel de Amenaza				Nivel de Vulnerabilidad				Total = A * V R = amenaza * vulner.
				Nula	Minima	Moderada	Severa	Baja	Media	Alta	Extrem. Alta	
Origen del Evento	Factor	Tipo de Evento										
				0	4	8	10	2	4	8	10	
Naturales	Meteorológicos	Huracanes, ciclones y tifones		0								0
		Tornados (vientos fuertes)		0								0
		Tormenta tropical			8				4			32
		Onda térmica fría		0								0
		Onda térmica cálida		0								0
		Inundaciones			8				4			32
		Sequías que provocan pérdidas agrícolas		0								0
	Otros: Especifique										0	
	Topográficos ó Geotécnicos	Derrumbes		0	8				4			32
		Deslizamientos		0								0
		Lahares		0								0
		Flujos de lodo y agua			8				4			32
	Otros										0	
	Tectónicos ó Geológicos	Terremotos (sismos)			8					8		64
		Erupciones volcánicas		0								0
		Maremotos (tsunamis)		0								0
		Otros		0								0
	Derechos humanos	Violación de derechos humanos		0								0
Genera pobreza y exclusión social			0								0	
Genera discriminación (género, étnia, discapacidad)			0								0	
Ocurrencia de epidemias			0								0	
Otros											0	
Seguridad ciudadana	Asesinatos y crímenes		0								0	
	Delincuencia organizada		0								0	
	Delincuencia común		0								0	
	Conflictos limítrofes		0								0	
	Ocurrencia de guerra		0								0	
	Ocurrencia de terrorismo		0								0	
Otros										0		
Entorno político económico-social	Crisis política (pérdida democracia)		0								0	
	Crisis gobernabilidad (alteración orden público)		0								0	
	Crisis económica (empobrecimiento)		0								0	
	Crisis social (conflictos entre pobladores)		0								0	
Otros										0		





## CONCLUSIONES

1. La construcción del edificio beneficiará a toda la comunidad de la aldea Cuchilla del Carmen, ya que los usuarios recibirán una mejora de calidad educativa; así como la creación e implementación de programas de capacitación en las diferentes áreas técnicas para las cuales ha sido diseñado el mismo.
2. El diseño de la pavimentación consiste en dar solución a la problemática del pavimento existente (asfalto), ya que este ha sido reparado en tres ocasiones en los últimos doce años causando grandes costos de mantenimiento; por lo que se propone el cambio de pavimento flexible a pavimento rígido, con gran inversión inicial, que se compensará con su largo tiempo de servicio y bajo mantenimiento.
3. El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) contribuye a que el estudiante afronte y resuelva situaciones reales, con base en la práctica y aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de sus años de estudio y al mismo tiempo le permite obtener experiencia para enfrentarse con problemas que se puedan presentar en el campo de la ingeniería civil.



## RECOMENDACIONES

1. Se deben ejecutar los proyectos de acuerdo a los planos constructivos y especificaciones técnicas, para alcanzar los resultados esperados durante el período para el que fueron diseñados.
2. La construcción de ambos proyectos deberá ser ejecutada y supervisada por personal altamente calificado, para cumplir con las especificaciones que cada proyecto demanda, ya que así se garantiza la funcionalidad y durabilidad de los mismos.
3. Actualizar los precios unitarios de cada renglón de trabajo de los proyectos, previo a la contratación de servicios profesionales, ya que están sujetos a variar debido a factores económicos y de inflación en los precios de los materiales y mano de obra.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Especificaciones para el diseño de elementos de concreto estructural* (ACI 318-08). Washington: ACI, 2007. 900 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería estructural y Sísmica. *Bases generales de diseño y construcción*. Guatemala: AGIES, 2002. Colección NR-1 195 p.
3. CARRANZA AVILA, Byron Orlando. *Diseño geométrico para el mejoramiento de la carretera CA2-W, a través de un carril de ascenso KM. 102+000 a 105+500, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. p. 13-26
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. 3a ed. México: Limusa, 2007. 740 p. ISBN-13: 978968184849-1.
5. HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997. 150 p.
6. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 13a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 772 p. ISBN: 958600953X.

7. PAZ VALENZUELA, Jorge Raúl. *Diseño de pavimento rígido para la aldea el rosario y drenaje sanitario para el micro parcelamiento El Naranjo Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 156 p.
  
8. TAMPÁN CORADO, Rolando Antonio. *Guía teórica y práctica para uso de software de ETABS para diseño de estructuras de concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 306 p.

## **APÉNDICES**



# Apéndice 1. Ensayo de compresión triaxial



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



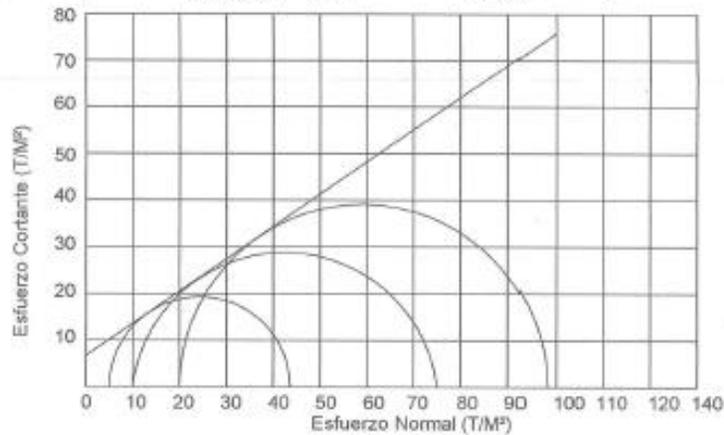
Nº 25288

## ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 022 S.S. O.T.: 29,125

INTERESADO: José Miguel Jimenez Garcia  
PROYECTO: EPS- Diseño de Edificio de dos Niveles para Aldea Cuchillá del Carmen  
Ubicación: Aldea Cuchilla del Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala  
Fecha: 07 de febrero del 2012

pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



### PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 34.66^\circ$  COHESIÓN:  $C_u = 6.67 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Arcilla Consolidada Color Café

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 <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m <sup>2</sup> )	38.63	64.96	78.20
PRESION INTERSTICIAL u(T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.5	4.5	6.5
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.48	1.48	1.48
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.56	1.56	1.56
HUMEDAD (%H)	14.4	14.4	14.4

Vo. Bo.

Inga. Taina Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CIIUSAC



Atentamente,

*Omar Enrique Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos





### Apendice 3. Ensayo de Razón Soporte California (CBR)



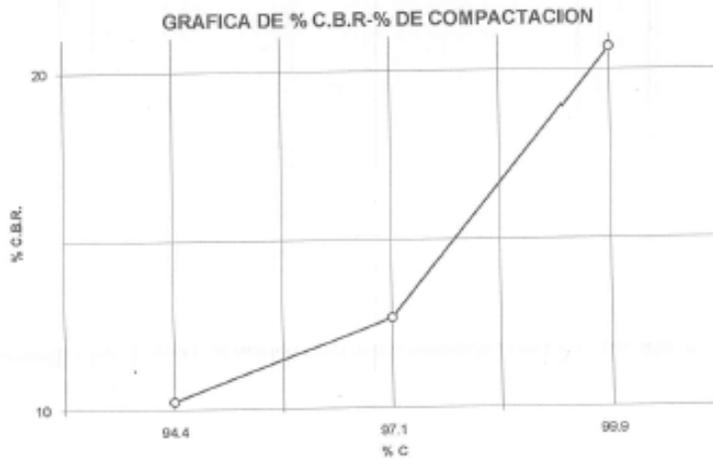
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 25290

INFORME No.: 024 S.S. O.T. No.: 29,128  
 Interesado: José Miguel Jimenez Garcia  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193  
 Proyecto: EPS- Diseño de la Pavimentación desde la 26 Av. Hacia la Cabecera Municipal.  
 Ubicación: Cabecera Municipal, Santa Catarina Pinula  
 Descripción del suelo: Arena limosa con grava color café  
 Fecha: 07 de febrero del 2012

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_{rel}$ b/pc <sup>3</sup>			
1	10	19.72	92.8	94.4	0.00	10.2
2	30	19.72	95.5	97.1	0.00	12.7
3	65	19.72	98.2	99.9	0.00	20.6



Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Moleales  
DIRECTORA CI/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-8115, Planta: 2418-8200 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

## Apéndice 4. Ensayo de granulometría



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



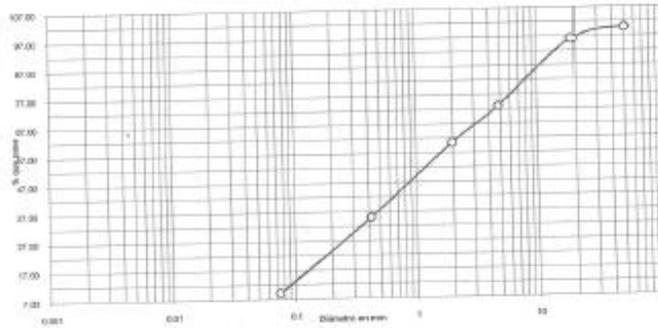
Nº 25294

INFORME No. 025 S.S.                      O.T. No. 29,126

Interesado: José Miguel Jiménez García  
 Tipo de Ensayo: Con tamices y lavado previo.  
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27                      Fecha: 07 de febrero del 2012  
 Proyecto: Trabajo de Graduación EPS  
 Procedencia: 26 Avenida.

Análisis con Tamices		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	50.8	100.00
3/4"	19.05	95.13
4	4.76	73.05
10	2	60.57
40	0.42	34.98
200	0.074	9.13

% de Grava: 26.96  
 % de Arena: 63.92  
 % de Finos: 9.13



Descripción del suelo: Arena limosa Color Café                      A-1-b  
 Clasificación: S.C.U.: SP-SM                      P.R.A.:  
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Vo. Bo.  
 Inga. Teina Maricela Cano Morales  
 DIRECTORA CIUSAC



*Omar E. Medina Méndez*  
 Ing. Omar Enrique Medina Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



## Apéndice 5. Ensayo de límites de Atterberg



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



Nº 25295

INFORME No. 028 S. S.      O.T.: 20.128

Interesado: José Miguel Jaramero García  
 Proyecto: EPS: Diseño de la pavimentación desde la 20 avenida hasta Cab. Municipal  
 Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
 Norma: AAS-IT0 T-89 Y T-90

Ubicación: Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala

FECHA: 07 de febrero del 2012

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	L.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0	0	SP-SM	Arena limosa con grava color café

[\*] C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones:  
 Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,



Va. Rn

Inga. Taina Marín Caro Abaile  
 DIRECTORA CIVILIA



*Jose E. Medrano*  
 Ing. José Enrique Medrano Sánchez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



## **ANEXOS**



## Anexo 1. Factores de capacidad de carga

▼ TABLA 3.4 Factores<sup>a</sup> de capacidad de carga

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_q/N_c$	$\tan\phi$	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_q/N_c$	$\tan\phi$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00	26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
1	5.38	1.09	0.07	0.20	0.02	27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03	28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05	29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07	30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09	31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11	32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12	33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14	34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16	35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18	36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19	37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21	38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23	39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25	40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27	41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29	42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31	43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32	44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34	45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36	46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38	47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40	48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42	49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45	50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47						

<sup>a</sup> Según Vesic (1973)

Fuente: Braja M. Das, Principios de ingeniería de cimentaciones 1, p. 168.

## Anexo 2. Coeficientes para momentos negativos en losas

TABLA 12.3

Coeficientes para momentos negativos en losas\*

$$M_{A,NEG} = C_{A,NEG} w^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{B,NEG} = C_{B,NEG} w^2$$

Relación $m = \frac{l}{l_c}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.045	0.076	0.050	0.075	0.071	0.071	0.033	0.061
$C_{B,NEG}$		0.045	0.076	0.050				0.061	0.033
0.95	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.050	0.072	0.055	0.079	0.075	0.067	0.038	0.065
$C_{B,NEG}$		0.041	0.072	0.045				0.056	0.029
0.90	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.055	0.070	0.060	0.080	0.079	0.062	0.043	0.068
$C_{B,NEG}$		0.037	0.070	0.040				0.052	0.025
0.85	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.060	0.065	0.066	0.082	0.083	0.057	0.049	0.072
$C_{B,NEG}$		0.031	0.065	0.034				0.046	0.021
0.80	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.065	0.061	0.071	0.083	0.086	0.051	0.055	0.075
$C_{B,NEG}$		0.027	0.061	0.029				0.041	0.017
0.75	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.069	0.056	0.076	0.085	0.088	0.044	0.061	0.078
$C_{B,NEG}$		0.022	0.056	0.024				0.036	0.014
0.70	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.074	0.050	0.081	0.086	0.091	0.038	0.068	0.081
$C_{B,NEG}$		0.017	0.050	0.019				0.029	0.011
0.65	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.077	0.043	0.085	0.087	0.093	0.031	0.074	0.083
$C_{B,NEG}$		0.014	0.043	0.015				0.024	0.008
0.60	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.081	0.035	0.089	0.088	0.095	0.024	0.080	0.085
$C_{B,NEG}$		0.010	0.035	0.011				0.018	0.006
0.55	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.084	0.028	0.092	0.089	0.096	0.019	0.085	0.086
$C_{B,NEG}$		0.007	0.028	0.008				0.014	0.005
0.50	<input type="checkbox"/>								
$C_{A,NEG}$		0.086	0.022	0.094	0.090	0.097	0.014	0.089	0.088
$C_{B,NEG}$		0.006	0.022	0.006				0.010	0.003

\*Un borde ahurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia lateral es despreciable.

Fuente Diseño de estructuras de concreto, Arthur Nilson, p. 378.

Anexo 3. Coeficientes para momentos positivos debido a carga muerta losas

TABLA 12.4  
Coeficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas<sup>m</sup>

$$M_{l,p,dl} = C_{a,dl} w^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{l,p,dl} = C_{b,dl} w^2$$

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
$l_b$									
1.00	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.018	$C_{a,dl}$ 0.018	$C_{a,dl}$ 0.027	$C_{a,dl}$ 0.027	$C_{a,dl}$ 0.033	$C_{a,dl}$ 0.027	$C_{a,dl}$ 0.020	$C_{a,dl}$ 0.023
	$C_{b,dl}$ 0.036	$C_{b,dl}$ 0.018	$C_{b,dl}$ 0.027	$C_{b,dl}$ 0.027	$C_{b,dl}$ 0.018	$C_{b,dl}$ 0.027	$C_{b,dl}$ 0.033	$C_{b,dl}$ 0.023	$C_{b,dl}$ 0.020
0.95	$C_{a,dl}$ 0.040	$C_{a,dl}$ 0.020	$C_{a,dl}$ 0.021	$C_{a,dl}$ 0.030	$C_{a,dl}$ 0.028	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.031	$C_{a,dl}$ 0.022	$C_{a,dl}$ 0.024
	$C_{b,dl}$ 0.033	$C_{b,dl}$ 0.016	$C_{b,dl}$ 0.025	$C_{b,dl}$ 0.024	$C_{b,dl}$ 0.015	$C_{b,dl}$ 0.024	$C_{b,dl}$ 0.031	$C_{b,dl}$ 0.021	$C_{b,dl}$ 0.017
0.90	$C_{a,dl}$ 0.045	$C_{a,dl}$ 0.022	$C_{a,dl}$ 0.025	$C_{a,dl}$ 0.033	$C_{a,dl}$ 0.029	$C_{a,dl}$ 0.039	$C_{a,dl}$ 0.035	$C_{a,dl}$ 0.025	$C_{a,dl}$ 0.026
	$C_{b,dl}$ 0.029	$C_{b,dl}$ 0.014	$C_{b,dl}$ 0.024	$C_{b,dl}$ 0.022	$C_{b,dl}$ 0.013	$C_{b,dl}$ 0.021	$C_{b,dl}$ 0.028	$C_{b,dl}$ 0.019	$C_{b,dl}$ 0.015
0.85	$C_{a,dl}$ 0.050	$C_{a,dl}$ 0.024	$C_{a,dl}$ 0.029	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.031	$C_{a,dl}$ 0.042	$C_{a,dl}$ 0.040	$C_{a,dl}$ 0.029	$C_{a,dl}$ 0.028
	$C_{b,dl}$ 0.026	$C_{b,dl}$ 0.012	$C_{b,dl}$ 0.022	$C_{b,dl}$ 0.019	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.017	$C_{b,dl}$ 0.025	$C_{b,dl}$ 0.017	$C_{b,dl}$ 0.013
0.80	$C_{a,dl}$ 0.056	$C_{a,dl}$ 0.026	$C_{a,dl}$ 0.034	$C_{a,dl}$ 0.039	$C_{a,dl}$ 0.032	$C_{a,dl}$ 0.045	$C_{a,dl}$ 0.045	$C_{a,dl}$ 0.032	$C_{a,dl}$ 0.029
	$C_{b,dl}$ 0.023	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.020	$C_{b,dl}$ 0.016	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.015	$C_{b,dl}$ 0.022	$C_{b,dl}$ 0.015	$C_{b,dl}$ 0.010
0.75	$C_{a,dl}$ 0.061	$C_{a,dl}$ 0.028	$C_{a,dl}$ 0.040	$C_{a,dl}$ 0.043	$C_{a,dl}$ 0.033	$C_{a,dl}$ 0.048	$C_{a,dl}$ 0.051	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.031
	$C_{b,dl}$ 0.019	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.018	$C_{b,dl}$ 0.013	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.012	$C_{b,dl}$ 0.020	$C_{b,dl}$ 0.013	$C_{b,dl}$ 0.007
0.70	$C_{a,dl}$ 0.068	$C_{a,dl}$ 0.030	$C_{a,dl}$ 0.046	$C_{a,dl}$ 0.046	$C_{a,dl}$ 0.035	$C_{a,dl}$ 0.051	$C_{a,dl}$ 0.058	$C_{a,dl}$ 0.040	$C_{a,dl}$ 0.033
	$C_{b,dl}$ 0.016	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.016	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.005	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.017	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.006
0.65	$C_{a,dl}$ 0.074	$C_{a,dl}$ 0.032	$C_{a,dl}$ 0.054	$C_{a,dl}$ 0.050	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.054	$C_{a,dl}$ 0.065	$C_{a,dl}$ 0.044	$C_{a,dl}$ 0.034
	$C_{b,dl}$ 0.013	$C_{b,dl}$ 0.006	$C_{b,dl}$ 0.014	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.014	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.005
0.60	$C_{a,dl}$ 0.081	$C_{a,dl}$ 0.034	$C_{a,dl}$ 0.062	$C_{a,dl}$ 0.053	$C_{a,dl}$ 0.037	$C_{a,dl}$ 0.056	$C_{a,dl}$ 0.073	$C_{a,dl}$ 0.048	$C_{a,dl}$ 0.036
	$C_{b,dl}$ 0.010	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.003	$C_{b,dl}$ 0.006	$C_{b,dl}$ 0.012	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.004
0.55	$C_{a,dl}$ 0.088	$C_{a,dl}$ 0.035	$C_{a,dl}$ 0.071	$C_{a,dl}$ 0.056	$C_{a,dl}$ 0.038	$C_{a,dl}$ 0.058	$C_{a,dl}$ 0.081	$C_{a,dl}$ 0.052	$C_{a,dl}$ 0.037
	$C_{b,dl}$ 0.008	$C_{b,dl}$ 0.003	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.005	$C_{b,dl}$ 0.002	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.005	$C_{b,dl}$ 0.003
0.50	$C_{a,dl}$ 0.095	$C_{a,dl}$ 0.037	$C_{a,dl}$ 0.080	$C_{a,dl}$ 0.059	$C_{a,dl}$ 0.039	$C_{a,dl}$ 0.061	$C_{a,dl}$ 0.089	$C_{a,dl}$ 0.056	$C_{a,dl}$ 0.038
	$C_{b,dl}$ 0.006	$C_{b,dl}$ 0.002	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.001	$C_{b,dl}$ 0.003	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.002

Fuente: Diseño de estructuras de concreto, Arthur Nilson, p. 379.

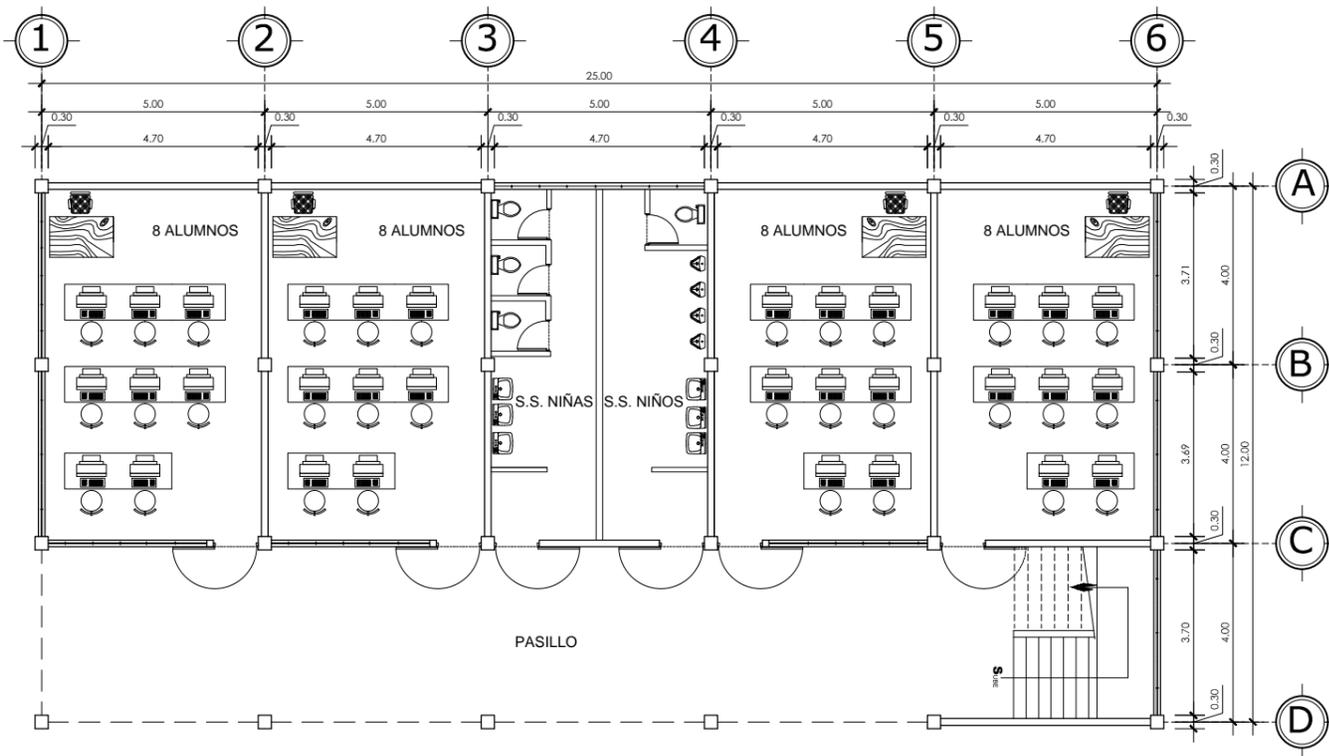
Anexo 4. **Coefficientes para momentos positivos debido a carga viva en losas**

**TABLA 12.5**  
**Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas\***

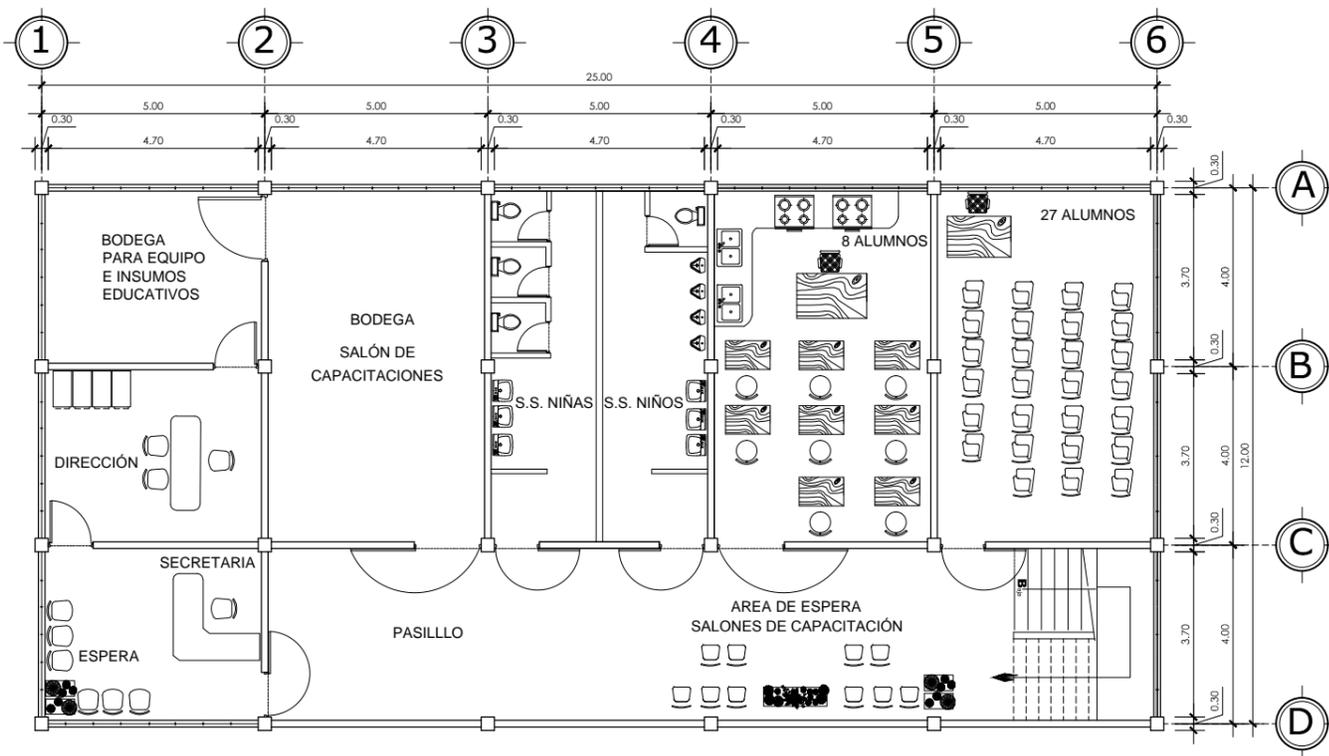
$M_{x,y,mis} = C_{x,y} w l^2$   
 donde  $w$  = carga viva uniforme total  
 $M_{x,y,mis} = C_{x,y} w l^2$

Relación $m = \frac{l_y}{l_x}$	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
1.00	$C_{x,y}$ 0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
0.95	$C_{x,y}$ 0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
0.90	$C_{x,y}$ 0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
0.85	$C_{x,y}$ 0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
0.80	$C_{x,y}$ 0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
0.75	$C_{x,y}$ 0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
0.70	$C_{x,y}$ 0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
0.65	$C_{x,y}$ 0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
0.60	$C_{x,y}$ 0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
0.55	$C_{x,y}$ 0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
0.50	$C_{x,y}$ 0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067

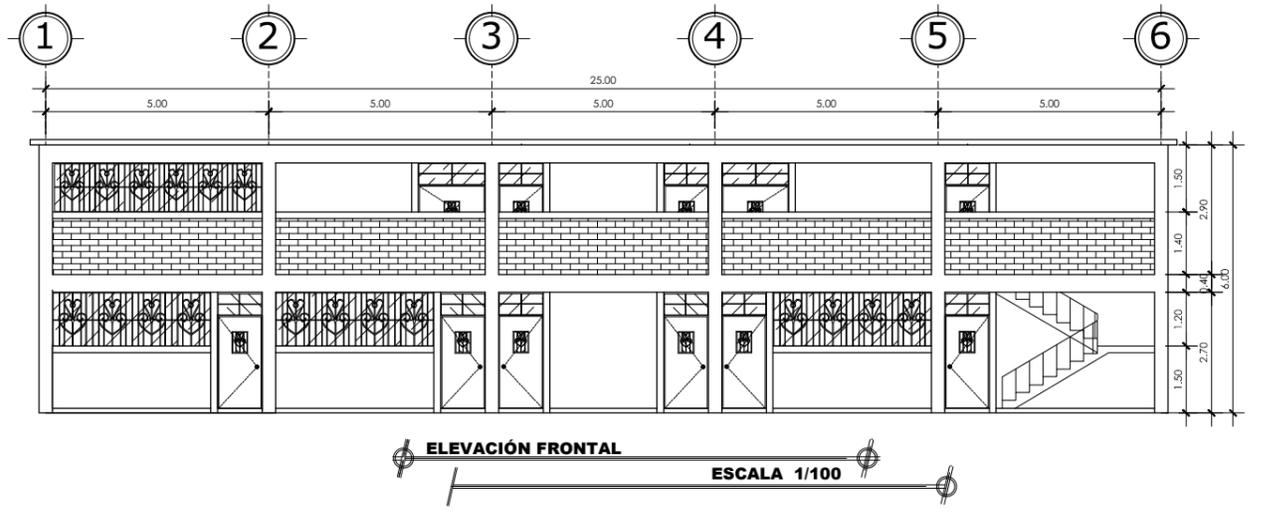
Fuente: Diseño de estructuras de concreto, Arthur Nilson, p. 380.



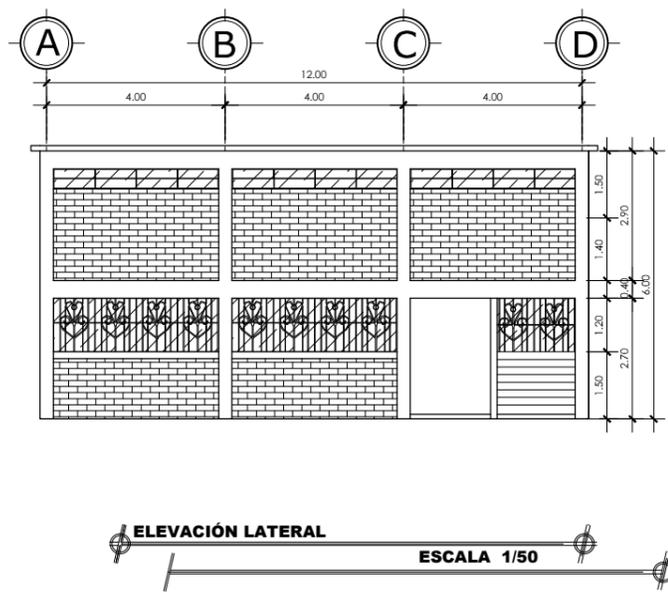
**PLANTA AMUEBLADA, 1er. NIVEL**  
ESCALA 1/75



**PLANTA AMUEBLADA, 2do. NIVEL**  
ESCALA 1/75

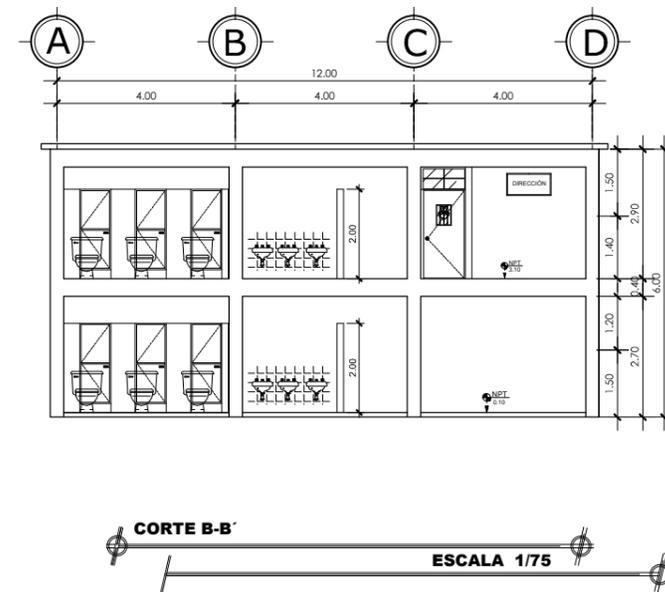
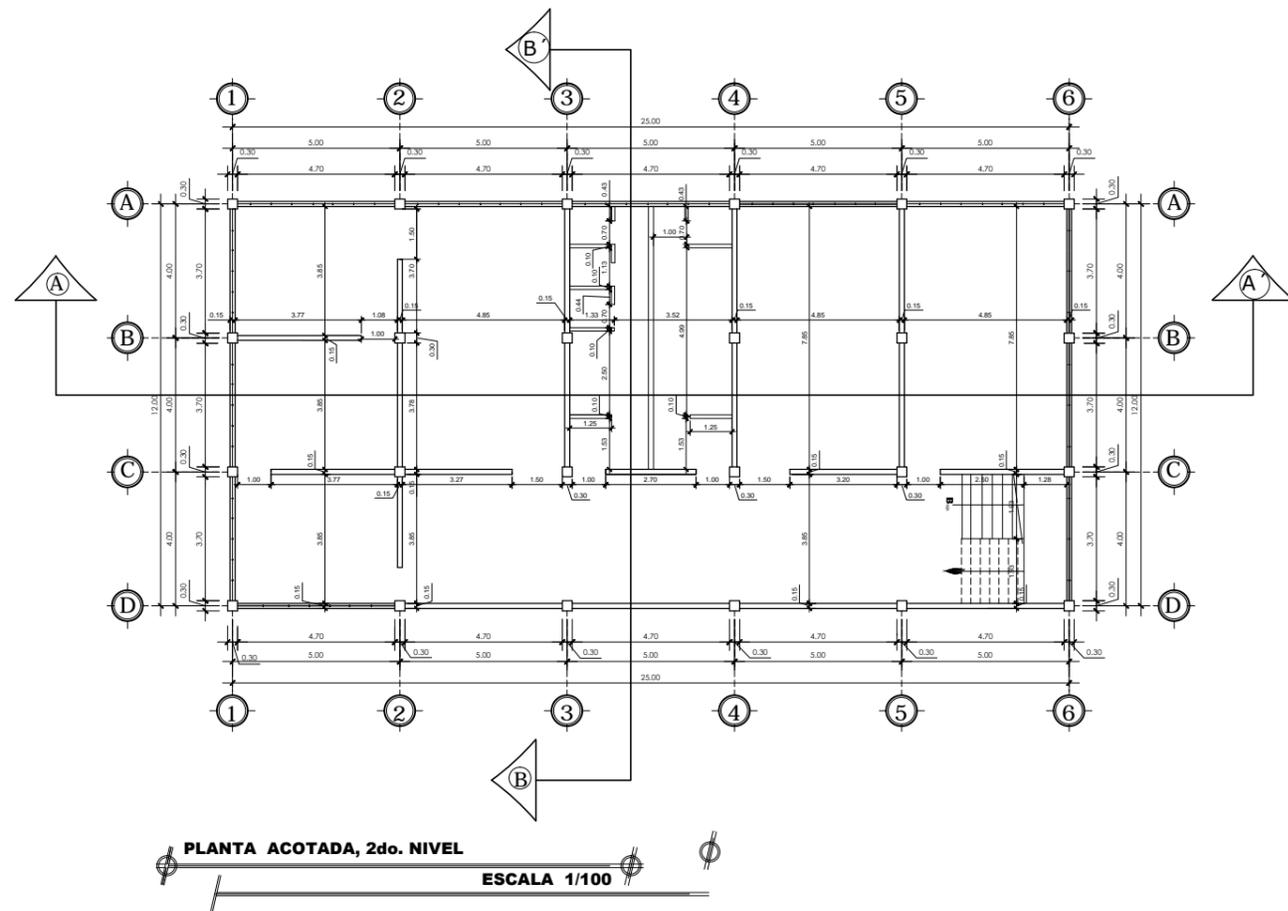
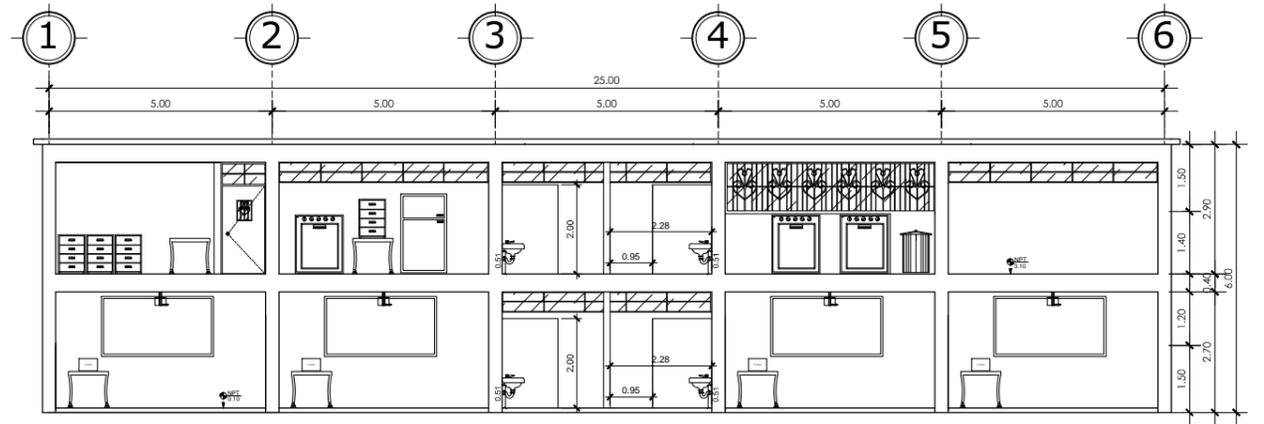
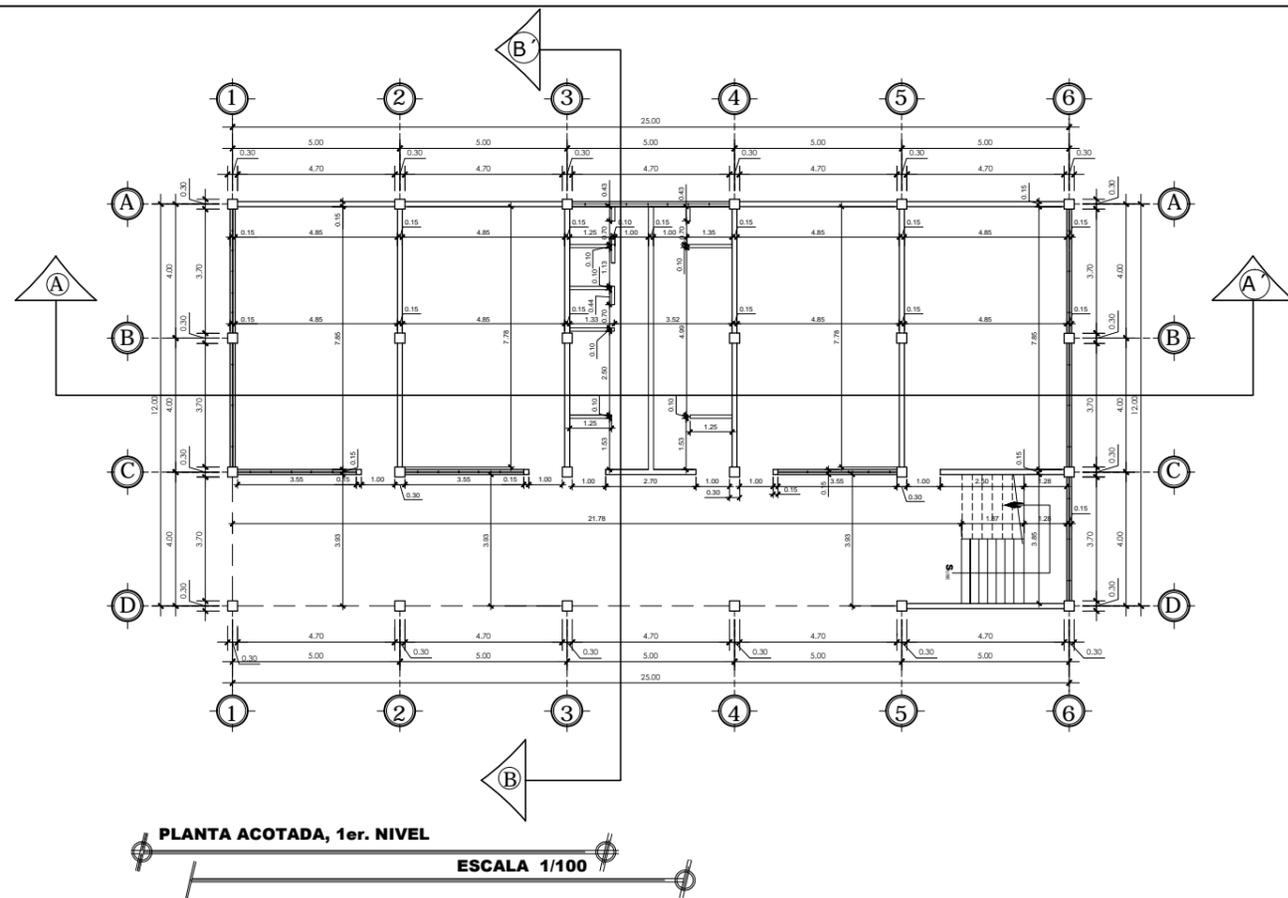


**ELEVACIÓN FRONTAL**  
ESCALA 1/100

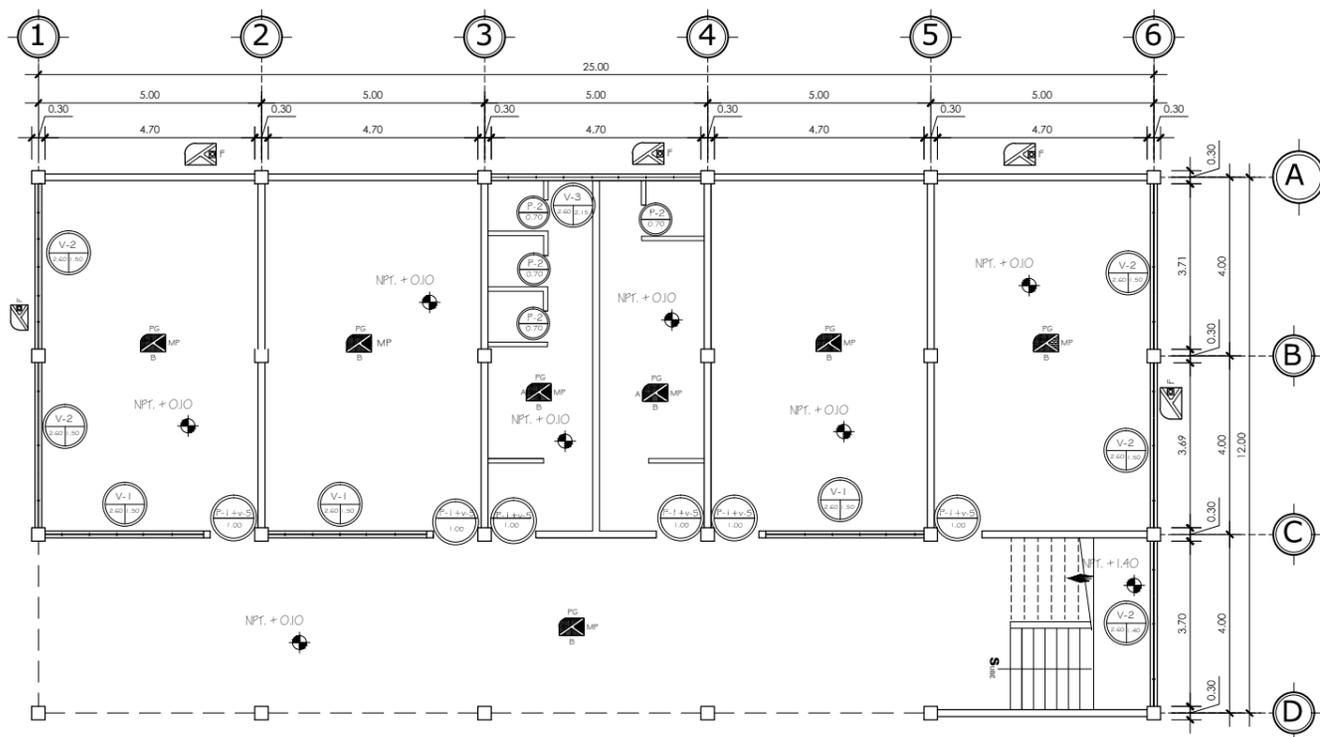


**ELEVACIÓN LATERAL**  
ESCALA 1/50

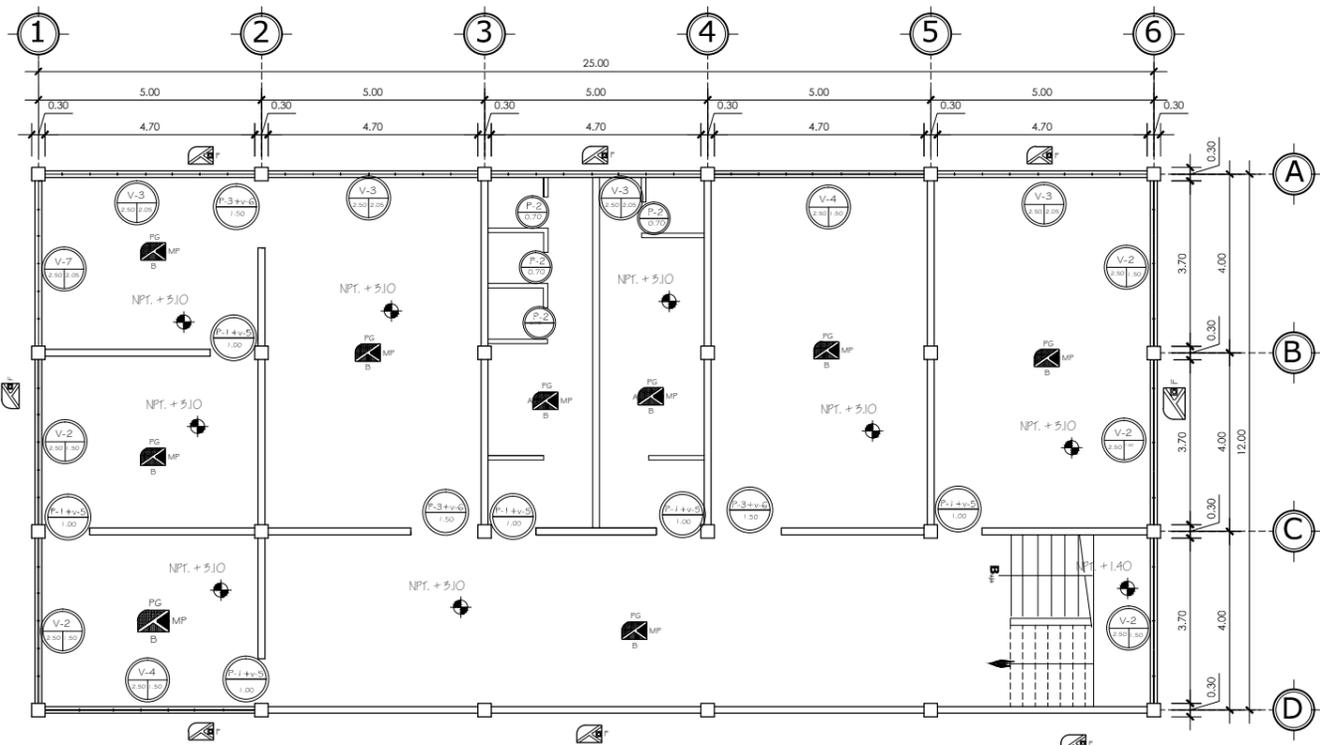
	<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> Ejercicio Profesional Supervisado	
Proyecto:	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA	
Contenido:	EDIFICIO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CUCULLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	ESCALA: INDICADA
HOJA No		1/9



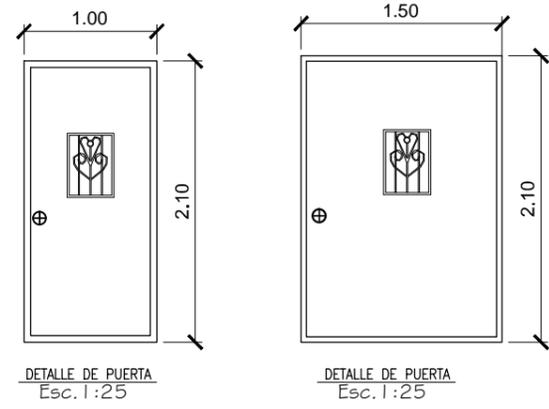
	<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> Ejercicio Profesional Supervisado	
Proyecto:	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA	
Contenido:	PLANTA ACOTADA	Escala: INDICADA
Proyecto: EDIFICIO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CUCHILLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA Fecha: 08/02/2012		Autor: JOSÉ IVAREZ G. Escala: INDICADA
HOJA No <b>2</b> / <b>9</b>		



**PLANTA DE ACABADOS, 1er. NIVEL**  
ESCALA 1/75



**PLANTA DE ACABADOS, 2do. NIVEL**  
ESCALA 1/75



PLANILLA DE PUERTAS					
TIPO	UNI.	ANCHO	ALTO	MATERIALES	OBSERVACIONES
P-1	12	1.00	2.10	METALICA	ENTRADA DE LAS ALLAS Y AMBIENTES
P-2	8	0.70	1.80	METALICA	BANOS
P-5	5	1.50	2.10	METALICA	ENTRADA DE BOGEGAS Y AMBIENTES

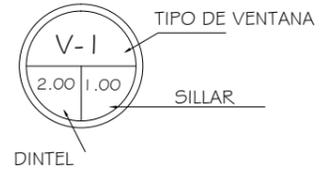
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
F	INDICA FACHALETA DE LADRILLO
PG	INDICA PISO DE GRANITO
A	INDICA AZULEJO EN PARED A 1.50 DE ALTEZA
CV	INDICA REPELLO + CERINDO VERTICAL
CR	INDICA CERINDO REMOLINEADO
J	INDICA ÁREA EXTERIOR JARDINIZADA
MP	INDICA MOLDEA DE CERINDO + BLANQUEADO Y PINTURA COLOR PEACH
B	INDICA BLANQUEADO VIGAS, COL. O CIELO
TC	TORTA DE CONCRETO EN PISO CERVIDA
CER	INDICA CONCRETO ESTAMPADO COLOR ROJO

**PLANILLA DE VENTANAS**

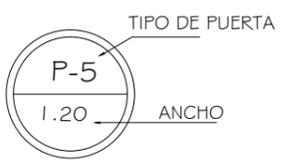
TIPO	DIMENSIONES		MATERIAL	UNIDADES	DETALLE DE VENTANAS
	ANCHO	SILLAR			
1	3.40	1.50	METAL Y VIDRIO	3	
2	3.70	1.50	METAL Y VIDRIO	7	
3	4.40	2.15	METAL Y VIDRIO	6	
4	4.40	1.50	METAL Y VIDRIO	2	
5	1.00	2.65	METAL Y VIDRIO	12	
6	1.50	2.75	METAL Y VIDRIO	3	
7	3.40	2.05	METAL Y VIDRIO	1	

**SIMBOLOGÍA**

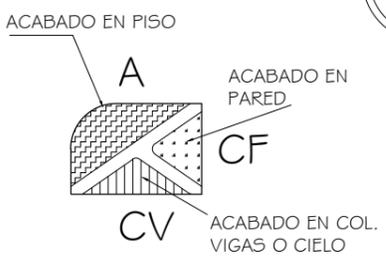
**VENTANAS**



**PUERTAS**



**ACABADOS**



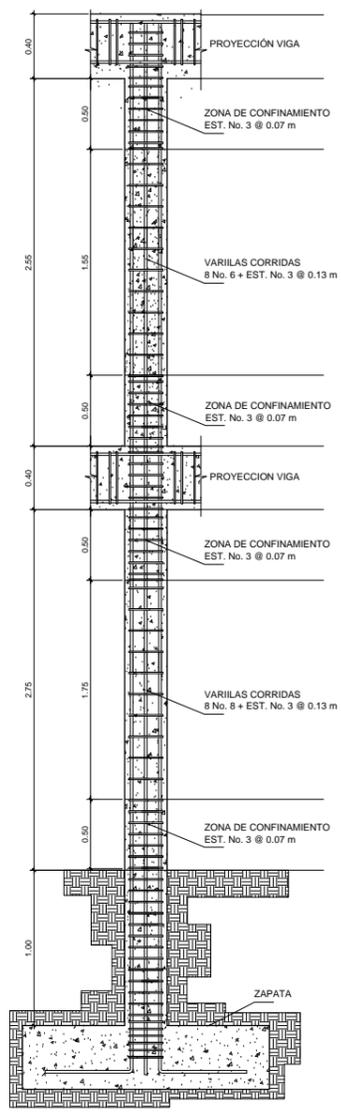

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**

Proyecto: **MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA**  
 Contenido: **PLANTA DE ACABADOS**

Proyecto: **EDIFICIO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CUCILLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA**  
 Fecha: **18/02/2023**  
 Escala: **INDICADA**

**HOJA No 3**  
**9**

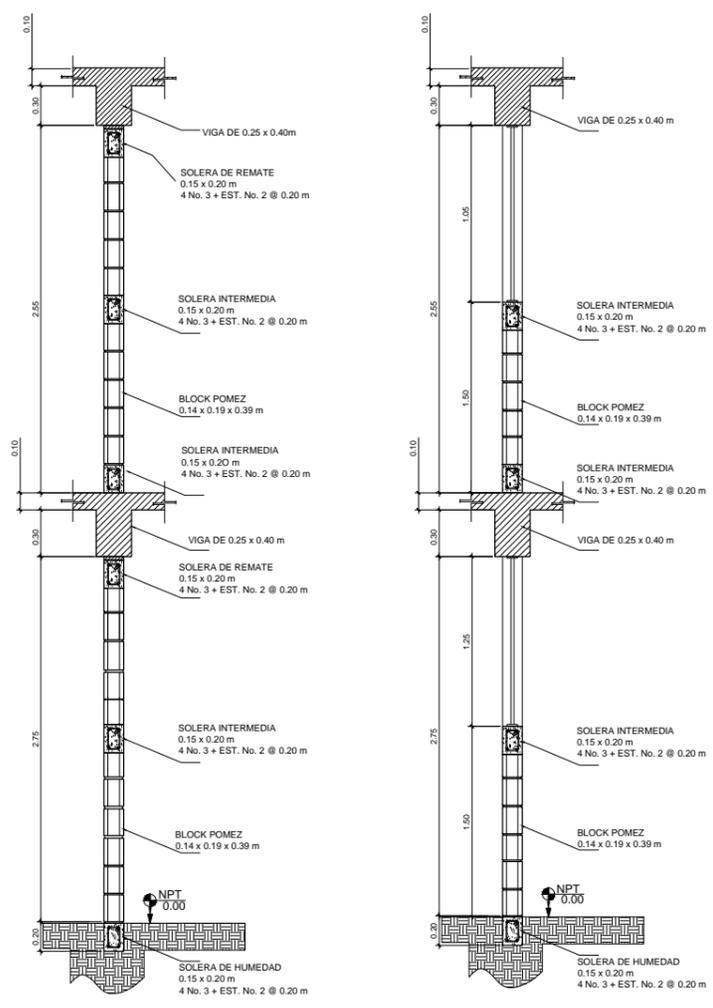




**DETALLE DE ARMADO DE COLUMNA**  
ESCALA 1/20

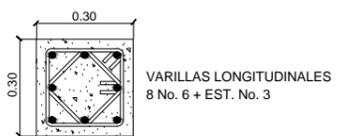


**COLUMNA TÍPICA 1er. NIVEL, C1**  
ESCALA 1/10

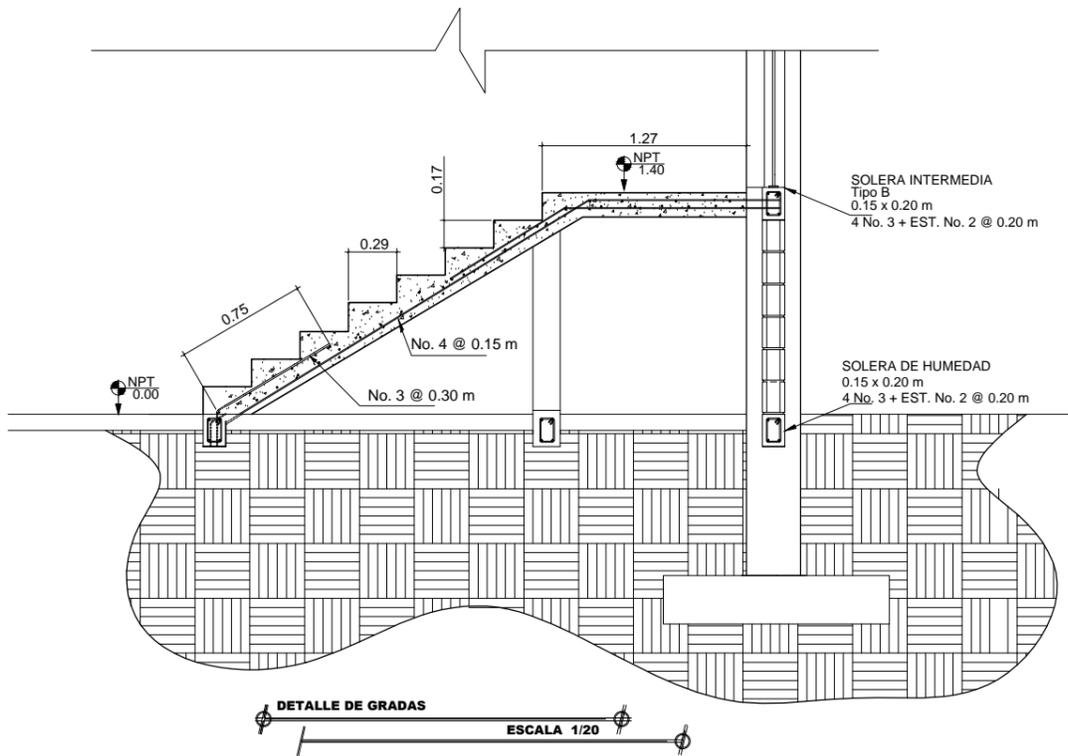
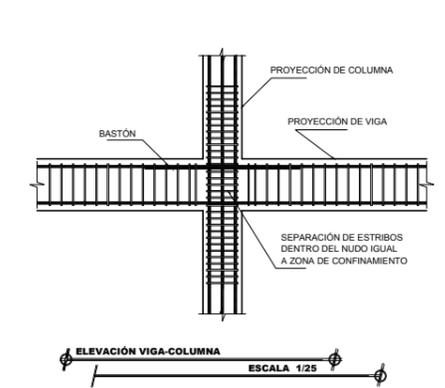
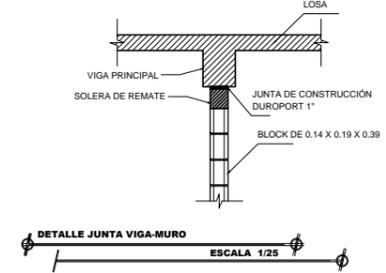
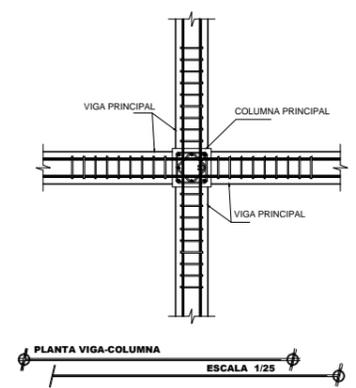
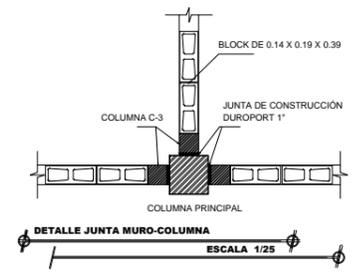


**DETALLE TÍPICO DE MURO**  
ESCALA 1/20

**DETALLE TÍPICO DE MURO Y VENTANAS**  
ESCALA 1/20

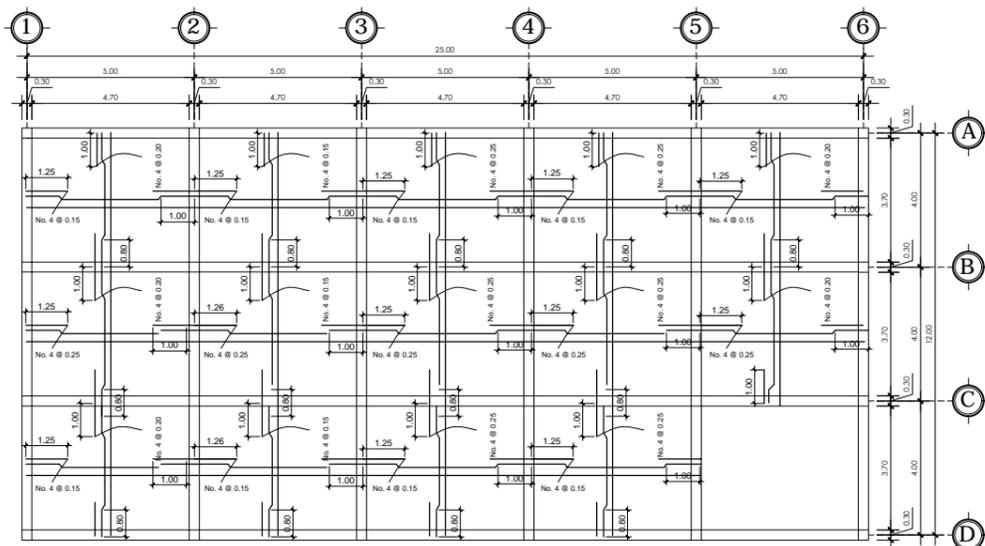


**COLUMNA TÍPICA 2do. NIVEL, C2**  
ESCALA 1/10

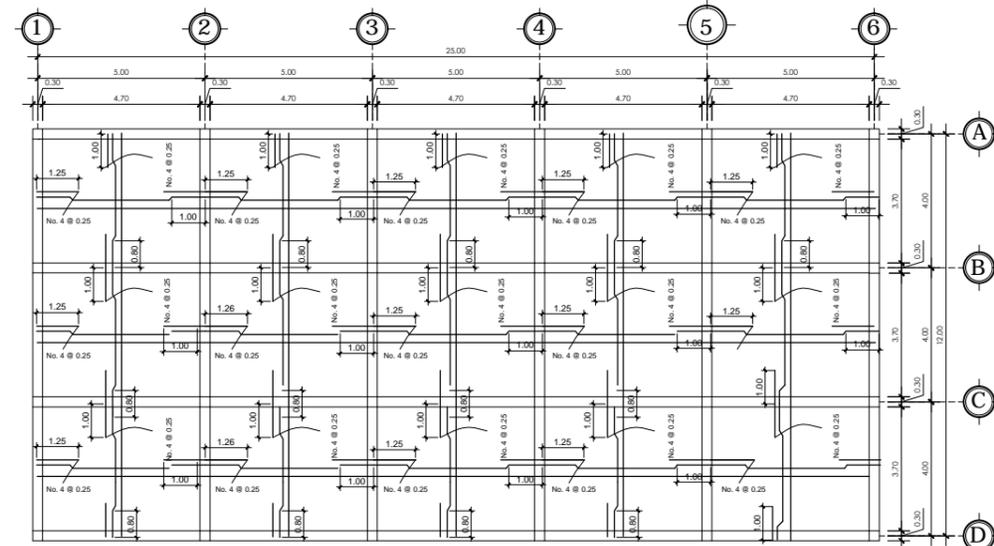


**DETALLE DE GRADAS**  
ESCALA 1/20

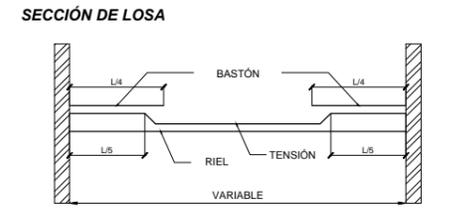
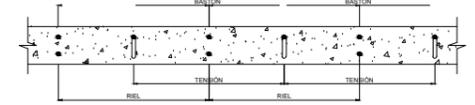
 <p><b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> Ejercicio Profesional Supervisado</p>	
<p>Proyecto: <b>EDIFICIO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CUDILLA DEL CARMEN, SANTA CATERINA PINULA</b></p>	<p>Escala: <b>INDICIA</b></p>
<p>Contenido: <b>DETALLES CONSTRUCTIVOS</b></p>	<p>HOJA No <b>5</b> / <b>9</b></p>



**PLANTA LOSA 1er. NIVEL**  
ESCALA 1/75



**PLANTA LOSA 2do. NIVEL**  
ESCALA 1/75

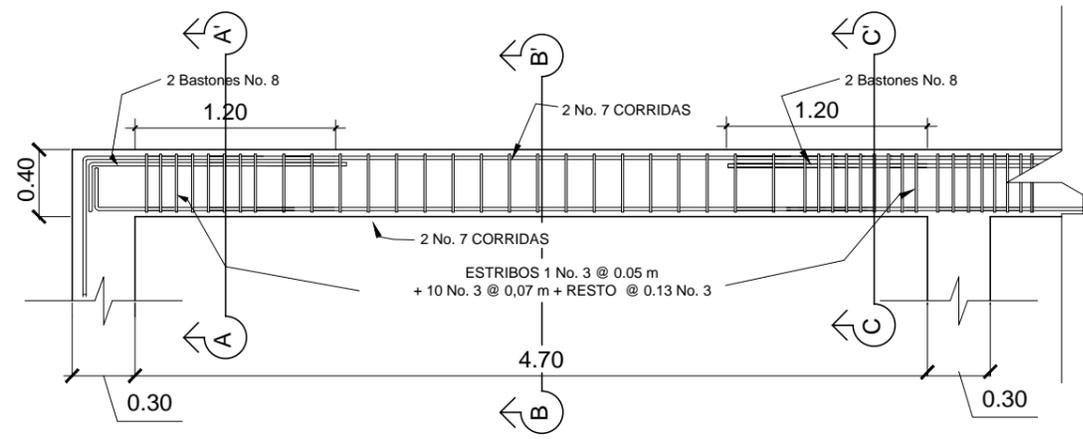


SECCIÓN DE LOSA

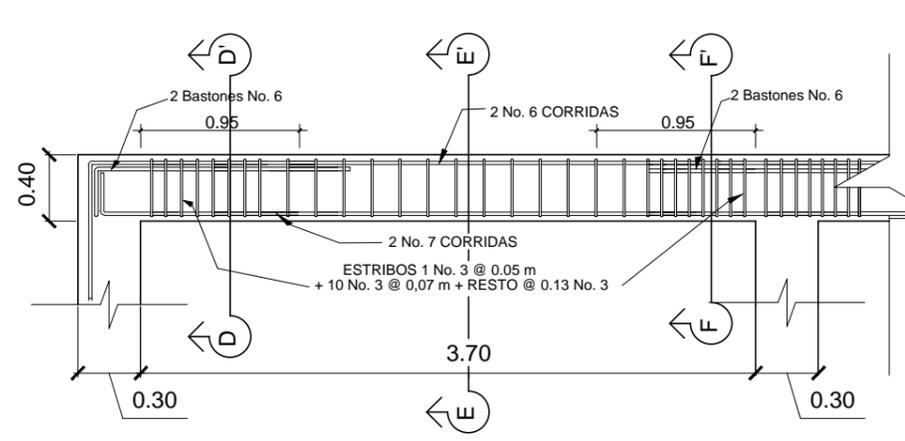
PLANTA DE LOSA

**GANCHOS DE REFUERZO**

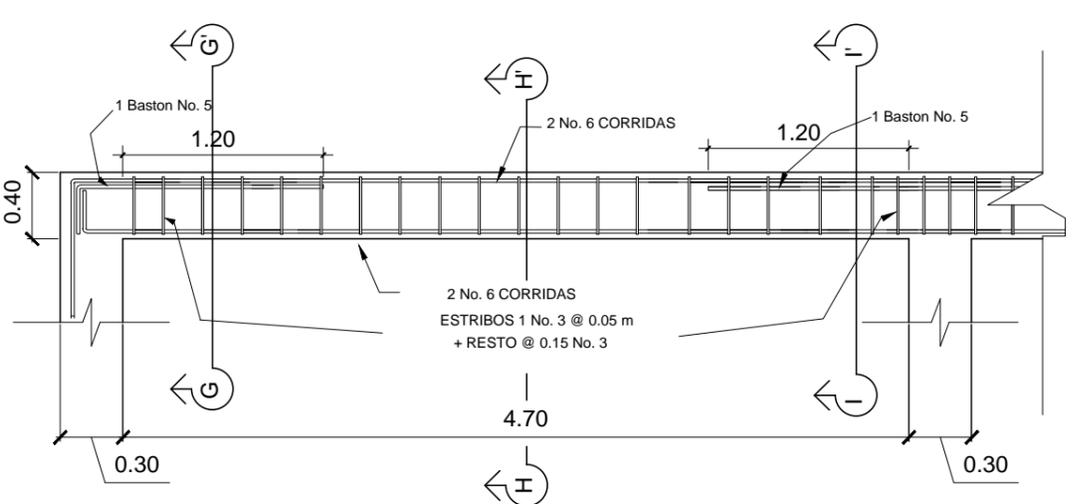
No.	Dg	L1	L2	L3
2	0.04	0.10	0.10	0.10
3	0.06	0.10	0.15	0.10
4	0.08	0.15	0.20	0.10
5	0.10	0.16	0.20	0.10
6	0.12	—	0.25	0.10
7	0.14	—	0.30	0.10
8	0.16	—	0.35	0.10
9	0.23	—	0.35	0.10
10	0.26	—	0.40	0.10
11	0.29	—	0.45	0.10



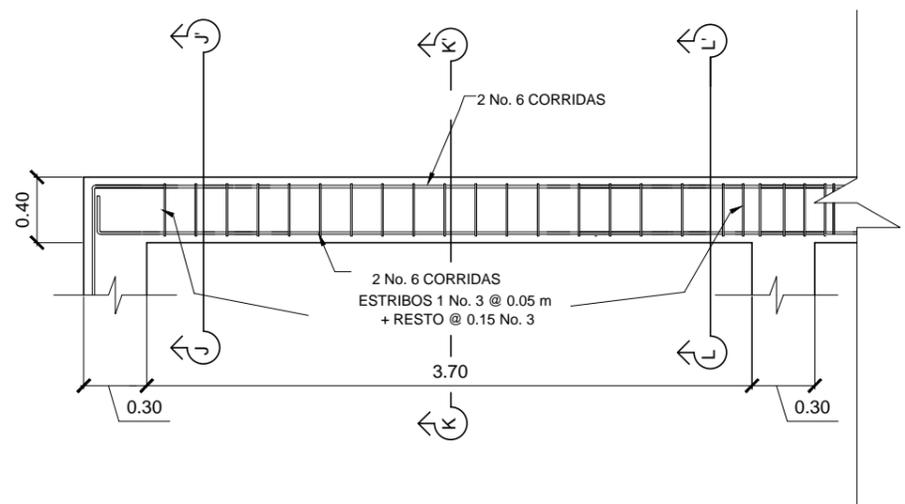
**VIGA V-1, 1er. NIVEL SENTIDO X**  
ESCALA 1/20



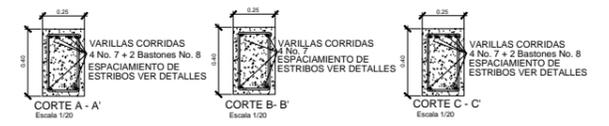
**VIGA V-2, 1er. NIVEL SENTIDO Y**  
ESCALA 1/20



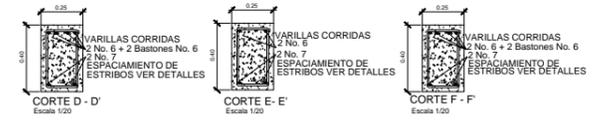
**VIGA V-3, 2do. NIVEL SENTIDO X**  
ESCALA 1/20



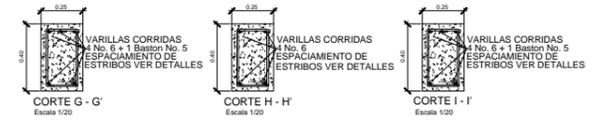
**VIGA V-4, 2do. NIVEL SENTIDO Y**  
ESCALA 1/20



**CORTES VIGA V-1**



**CORTES VIGA V-2**



**CORTES VIGA V-3**



**CORTES VIGA V-4**

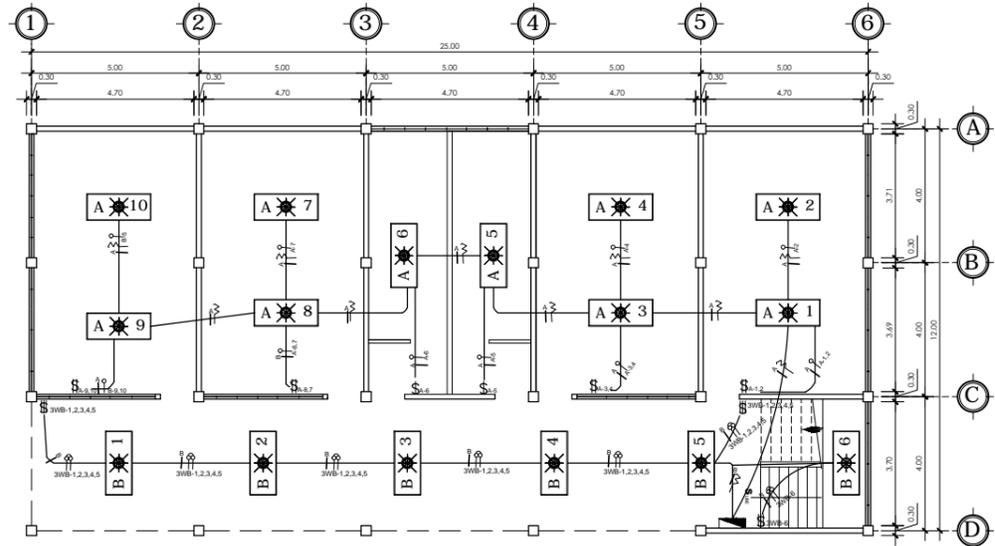

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**


**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
**GUATEMALA**

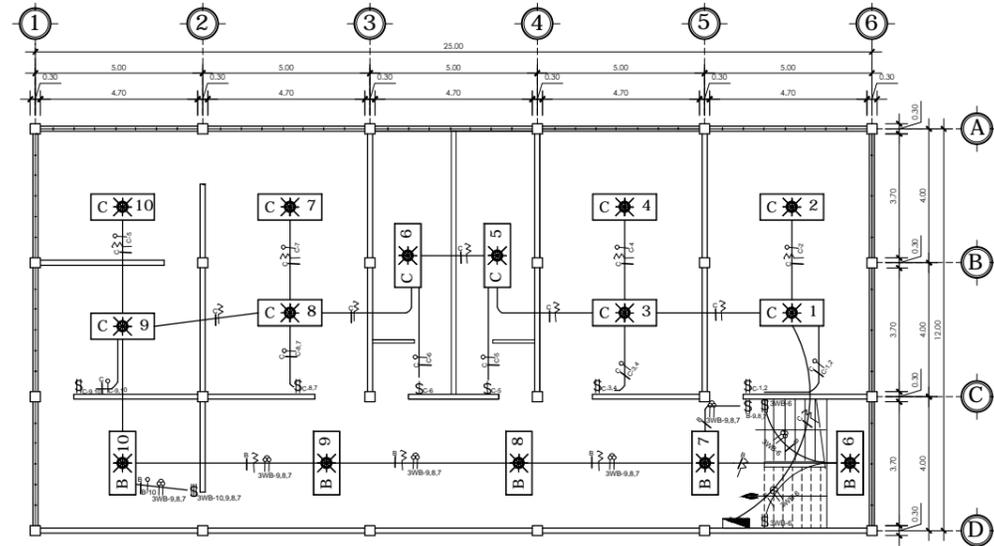
Proyecto: **EDIFICIO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CUCULLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA**  
 Autor: **JOSE IVANEZ G.**

Contenido: **PLANTA DE LOSA Y VIGAS**  
 Escala: **INDICADA**

**HOJA No**  
**6** / **9**

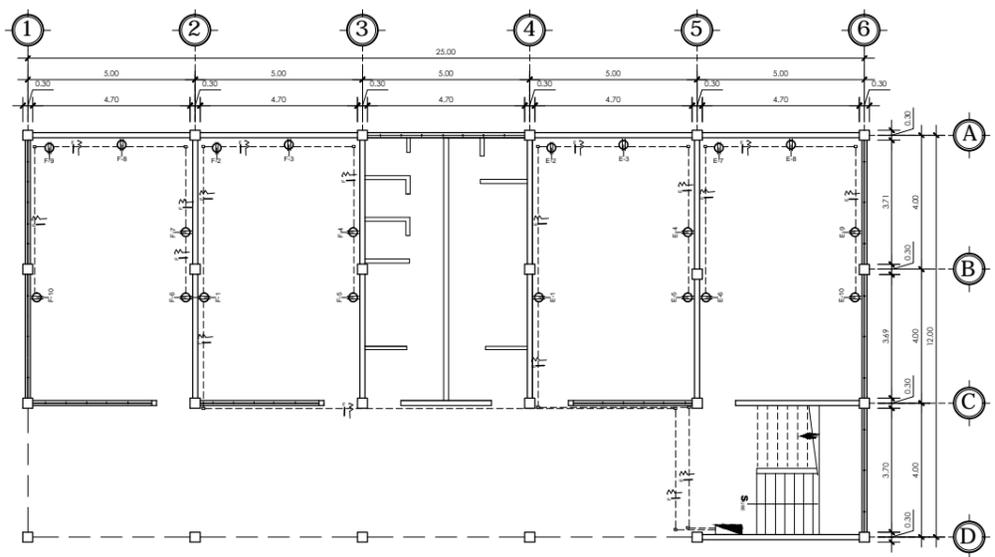


**PLANTA DE ILUMINACIÓN, 1er. NIVEL**  
ESCALA 1/100

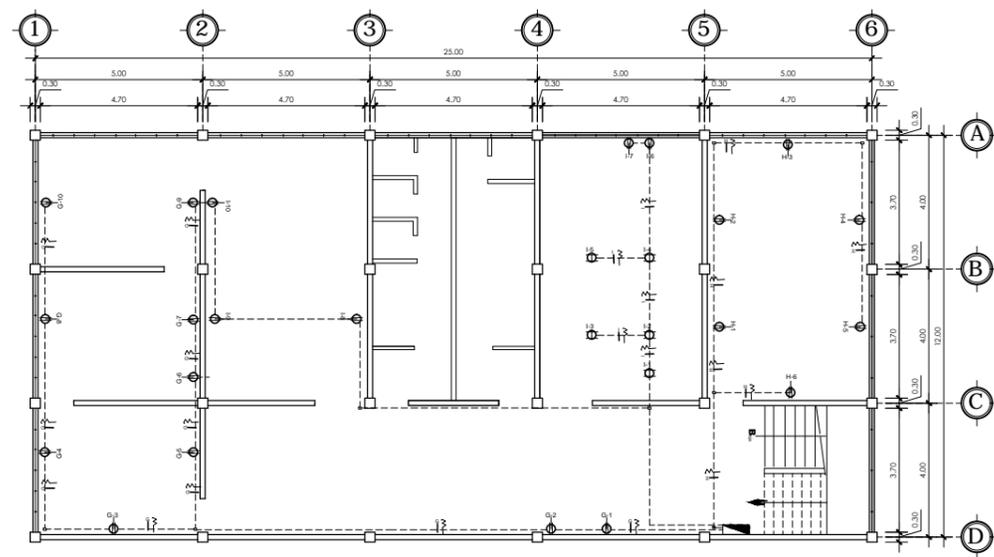


**PLANTA DE ILUMINACIÓN, 2do. NIVEL**  
ESCALA 1/100

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
X #	LAMPARA RECTANGULAR EN CIELO
~	CONDUCTOR NEUTRO
	CONDUCTOR ACTIVO
⊖	CONDUCTOR RETORNO
—	TUBERÍA EN CIELO
- - -	TUBERÍA EN PISO O PARED
■	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
⊞	INTERRUPTOR SIMPLE
⊞⊞	INTERRUPTOR DOBLE
⊞⊞⊞	INTERRUPTOR TRIPLE
⊖ X	TOMACORRIENTE EN PARED A 0.30 m
⊖ X	TOMACORRIENTE EN PISO
⊞	CONDUCTOR PUENTE THREE WAY



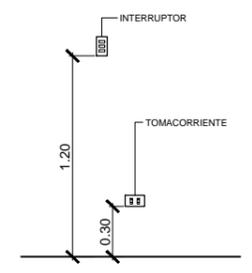
**INSTALACIÓN DE FUERZA, 1er. NIVEL**  
ESCALA 1/100



**INSTALACIÓN DE FUERZA, 2do. NIVEL**  
ESCALA 1/100

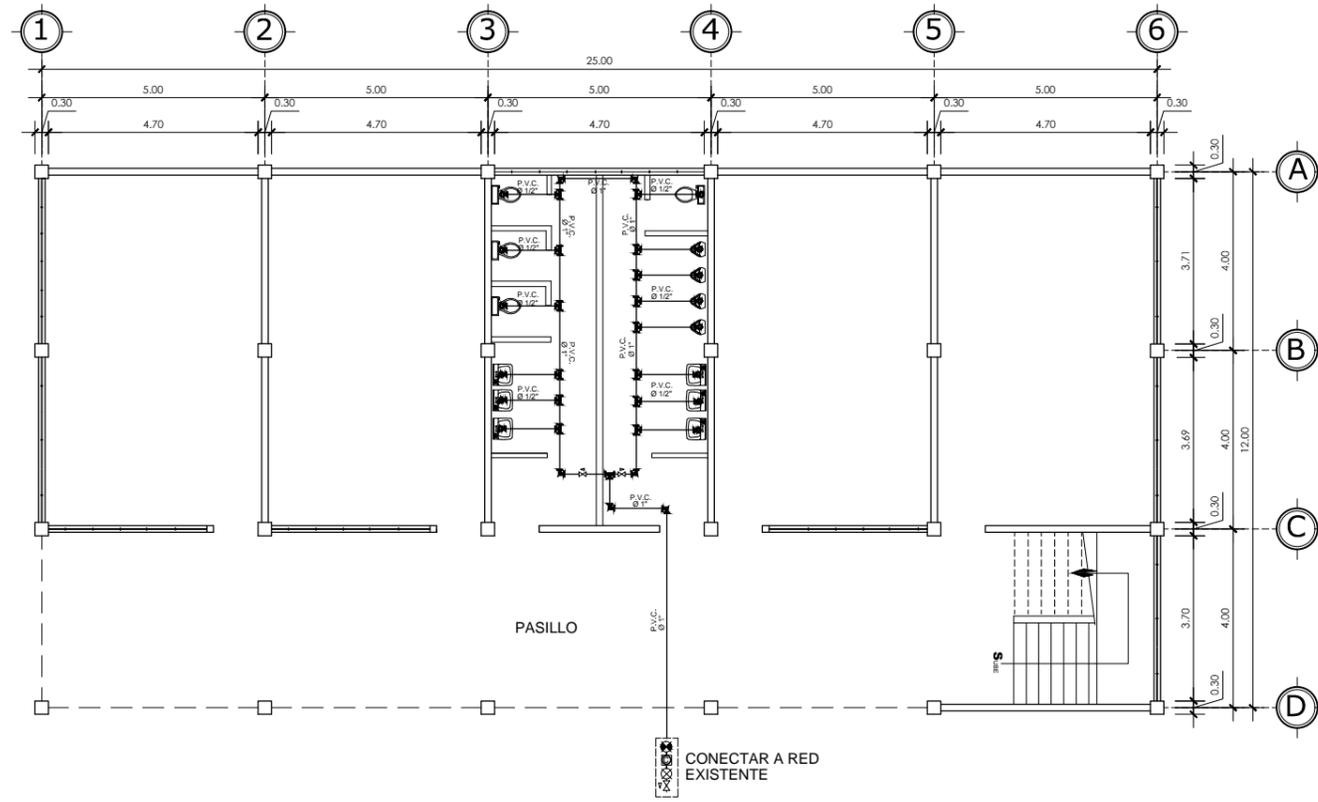
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

- LA TUBERIA DE CONDUCCIÓN DE CIRCUITOS SERA CONDUIT DE 3/4" O PVC ELÉCTRICO
- LOS RETORNOS SERÁN DE ALAMBRE CALIBRE 12 TW. COLOR AMARILLO Y FORRO "RW".
- LOS INTERRUPTORES DE LAS ÁREAS DE APOYO Y DE COCINA ESTARÁN A 1.20 mt. SOBRE EL NIVEL DE PISO TERMINADO.
- EL CONDUCTOR NEUTRO SERA DE COLOR NEGRO.
- EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ESTARÁ A UNA ALTURA DE 1.80 mt.

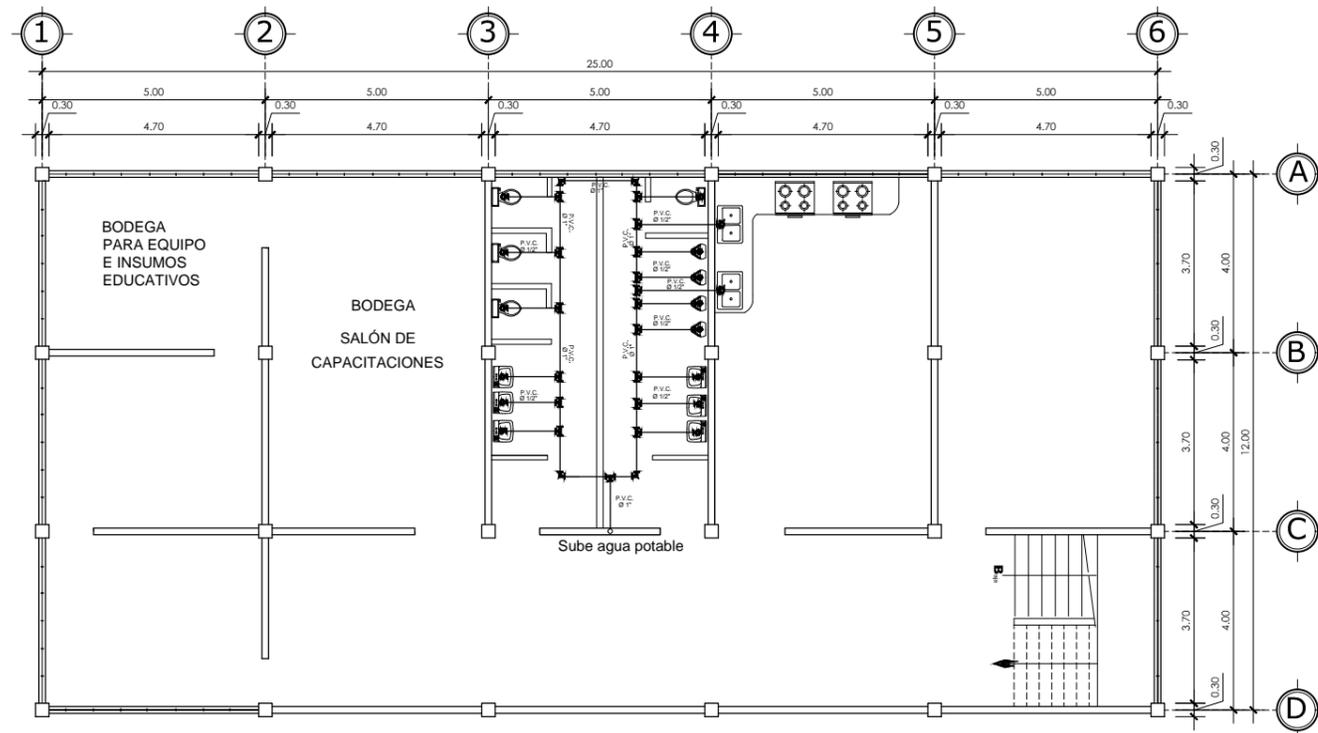


**Altura Tomas**  
ESCALA 1/100

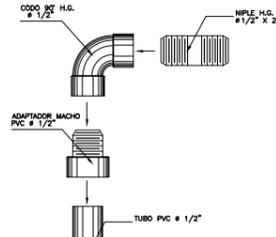
	<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>Ejercicio Profesional Supervisado</b>	
	<b>MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA</b> <b>GUATEMALA</b>	
Proyecto: EDIFICIO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CUCULLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	Escala:	HOJA No <b>7</b> 9



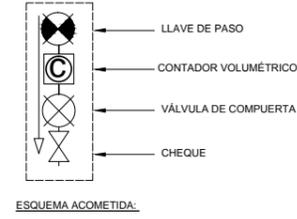
**INSTALACIÓN AGUA POTABLE, 1er. NIVEL**  
ESCALA 1/75



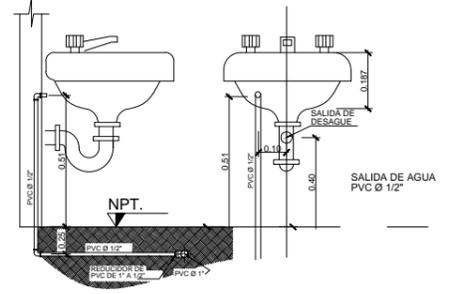
**INSTALACIÓN AGUA POTABLE, 2do. NIVEL**  
ESCALA 1/75



DETALLE PARA ACOMETIDAS DE ARTEFACTOS. SIN ESCALA



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LLAVE DE PASO
	CONTADOR
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CHEQUE
	TUBERÍA P.V.C.
	TEE A 90º HORIZONTAL
	CODO A 90º HORIZONTAL
	CODO A 90º VERTICAL



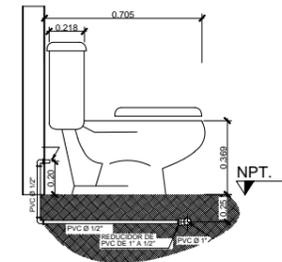
DETALLE DE SALIDA DE AGUA EN LAVAMANOS  
Sección Perfil ESCALA 1/20

DETALLE DE SALIDA DE AGUA EN LAVAMANOS  
Elevación ESCALA 1/20

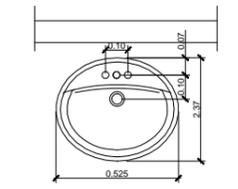


DETALLE DE SALIDA DE AGUA EN INODORO  
Elevación ESCALA 1/20

INODORO NOSTALGIA  
COLOR: BLANCO  
CODIGO: NO. 516  
FABRICA: INCESA STANDAR

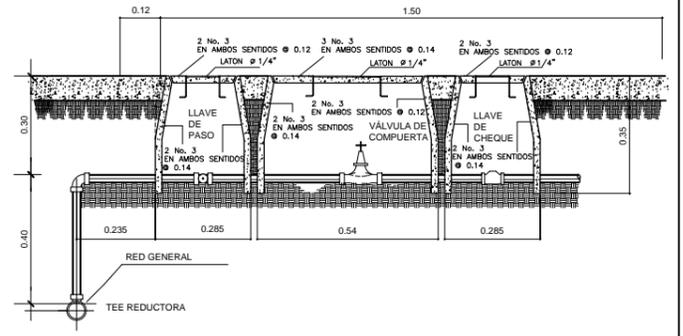


DETALLE DE SALIDA DE AGUA EN INODORO  
Sección Perfil ESCALA 1/20



DETALLE DE SALIDA DE AGUA EN LAVAMANOS  
Planta ESCALA 1/20

LAVATORIO AQUALYN  
COLOR: BLANCO  
CODIGO: NO. 480  
FABRICA: INCESA STANDAR



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**

---

**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
GUATEMALA

Proyecto: EPÍCOLO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CUCULLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

Contenido: PLANTA DE INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE

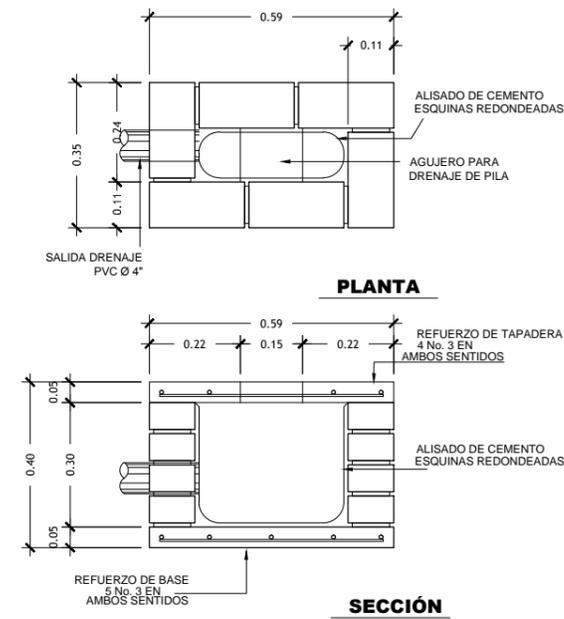
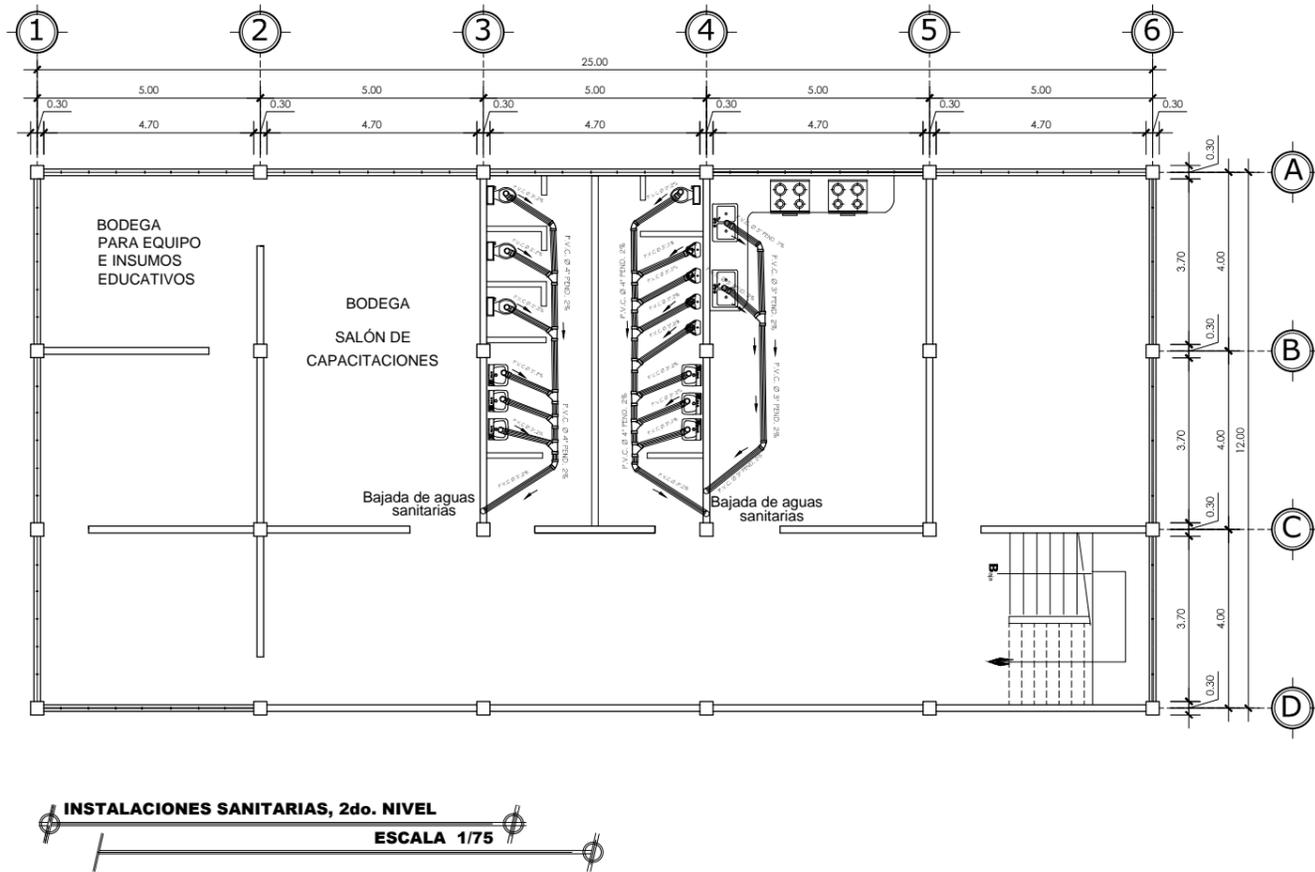
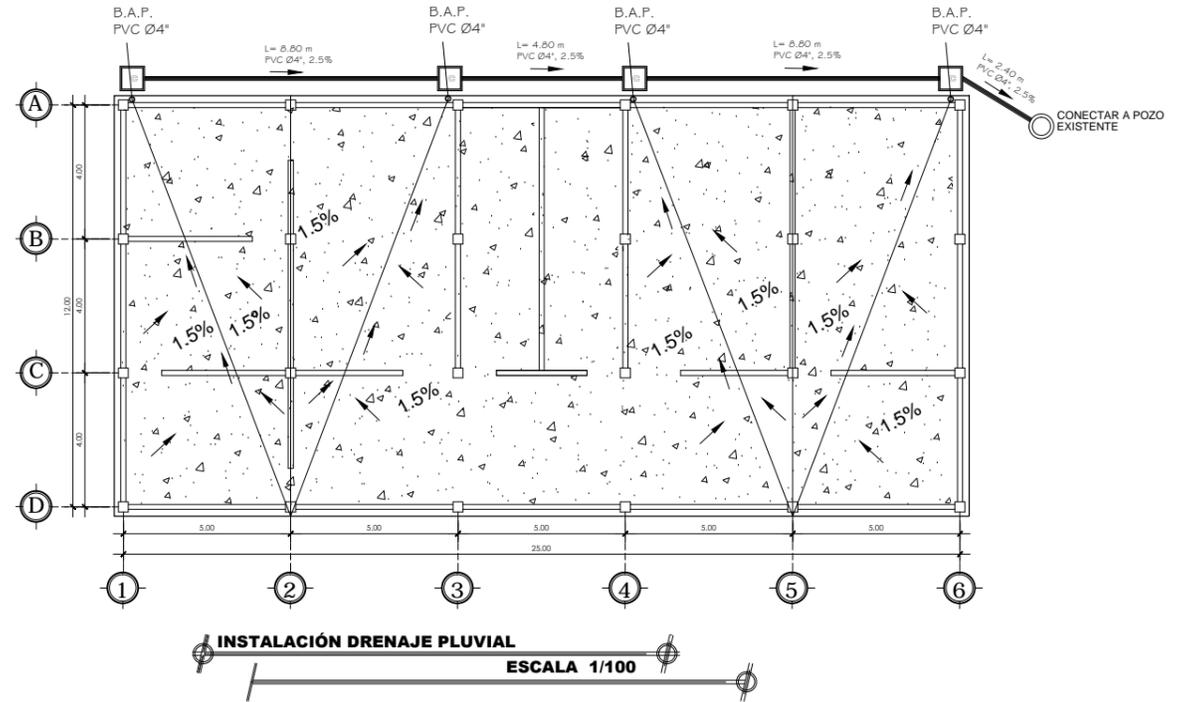
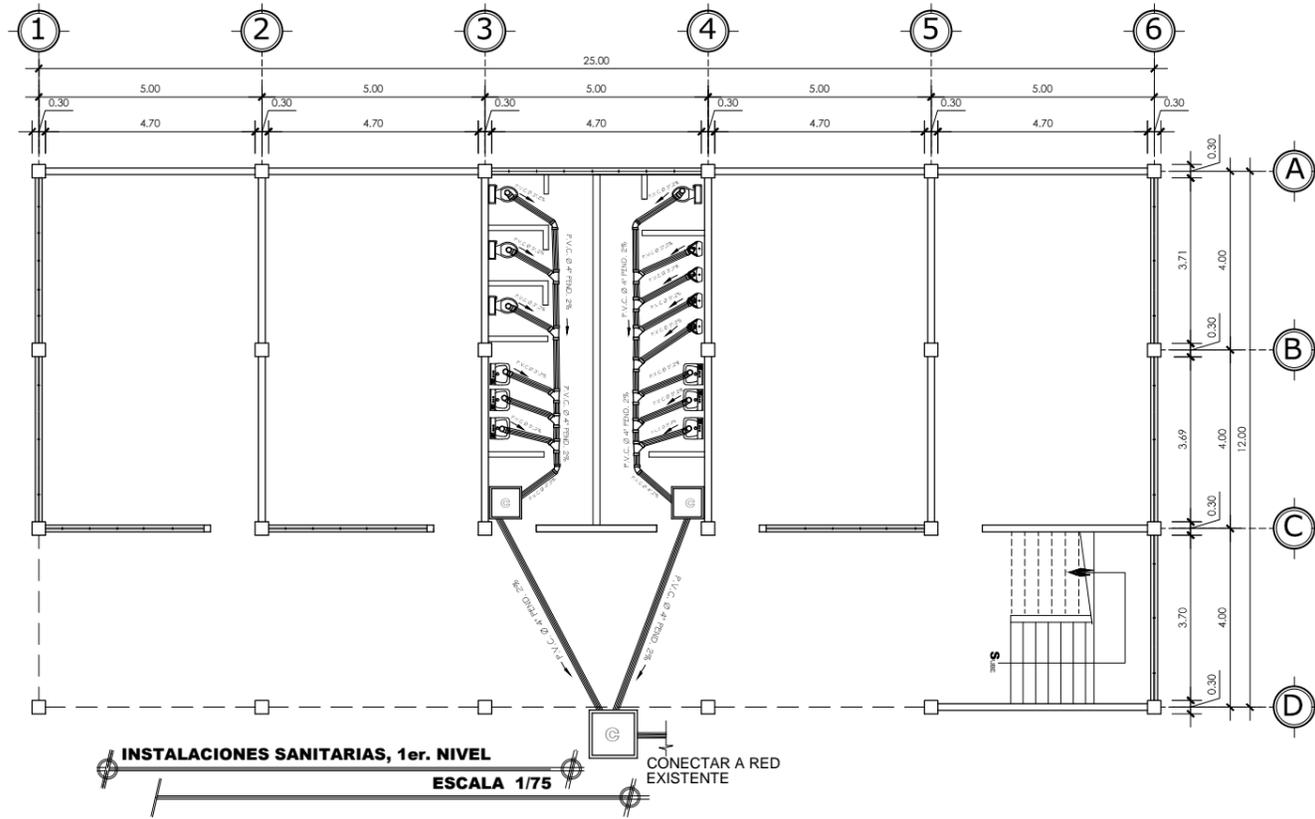
---

HOJA No **8** / 9

Escala: INDICADA

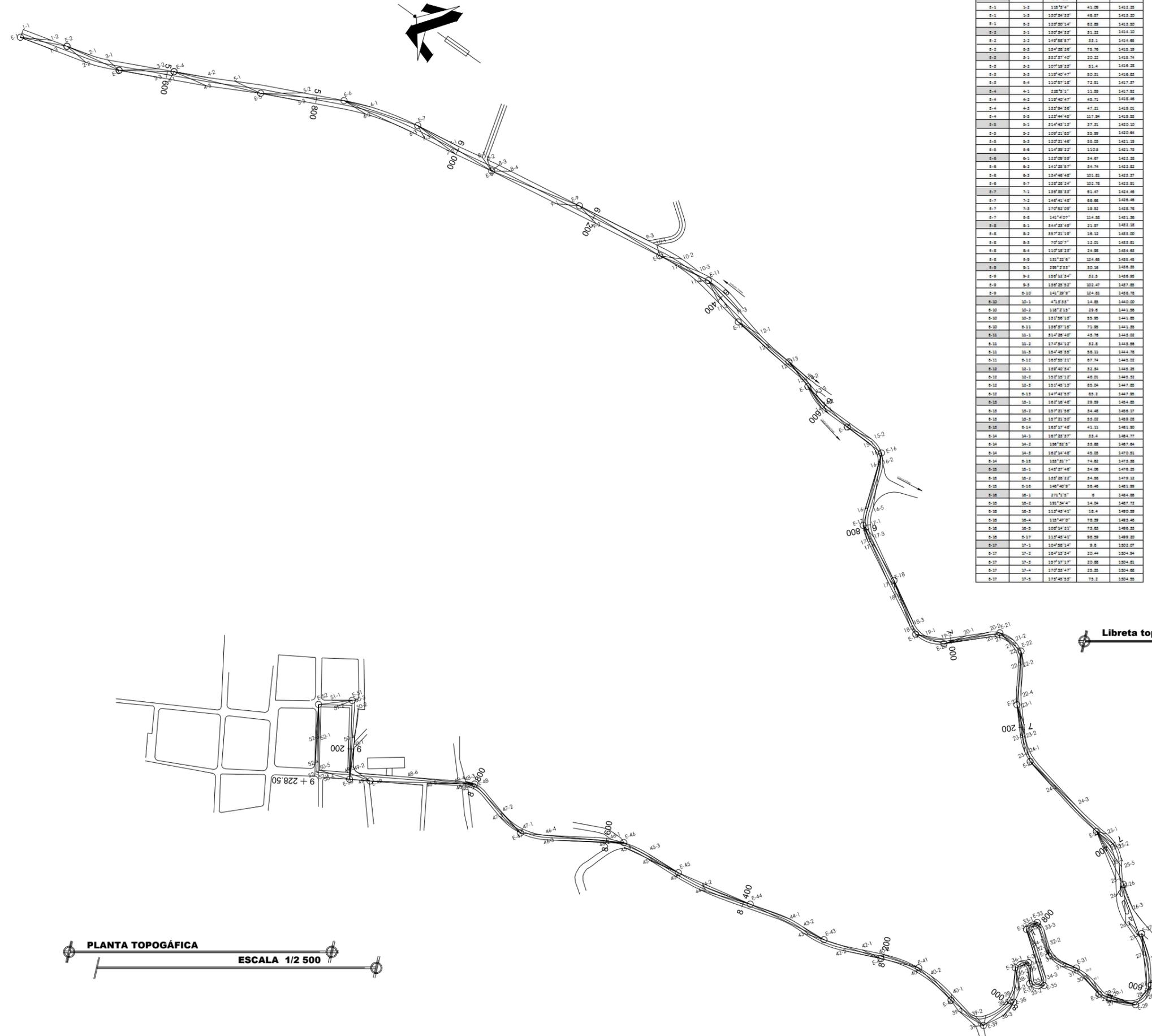


SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	CAJA UNIÓN-REGISTRO
	TEE SANITARIA
	CODO A 90° VERTICAL
	YEE SANITARIA
	INDICA SENTIDO Y PENDIENTE
	TUBERÍA P.V.C.
	CODO A 45° HORIZONTAL



## CAJA DE UNIÓN - REGISTRO

	<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>Ejercicio Profesional Supervisado</b>		
	<b>MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA</b> <b>GUATEMALA</b>		
Proyecto:	EDIFICIO EDUCATIVO PARA LA ALDEA CICHILLA DEL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	Escala:	INDICADA
Contenido:	PLANTA DE INSTALACIÓN DE DRENAJES	Hoja No:	<b>9</b> / <b>9</b>



**TOROGRAFIA MEDICION VAL Pag. 18**

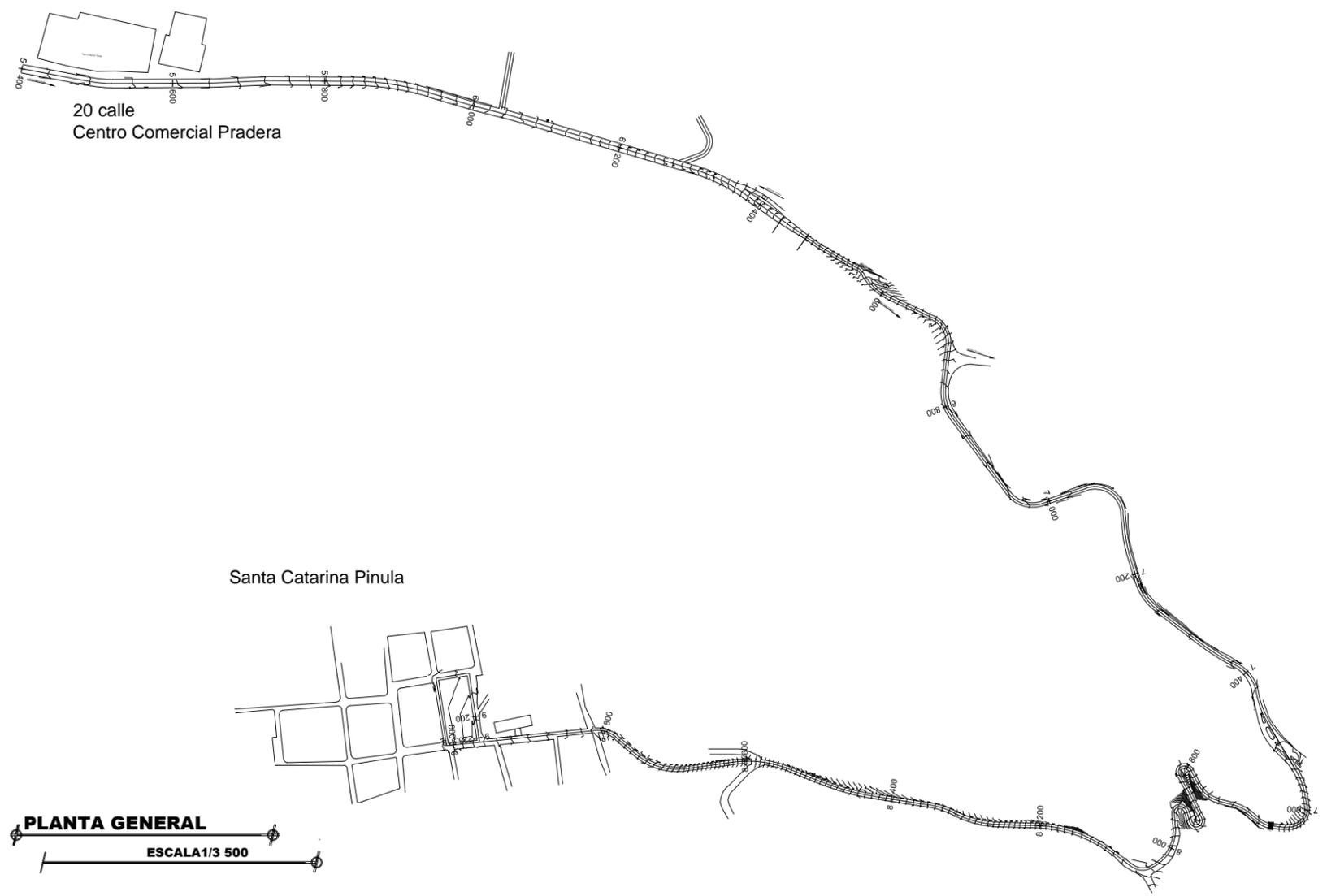
ESTACION	P.O.	AZIMUT	DH	ELEVACION
E-0	0-0	40°54'21"	11	1412.38
E-1	0-1	138°57'47"	41.08	1412.25
E-2	0-2	120°54'53"	48.87	1412.32
E-3	0-3	120°50'14"	82.88	1412.80
E-4	0-4	140°58'57"	33.1	1414.48
E-5	0-5	138°52'28"	78.78	1415.38
E-6	0-6	135°57'40"	20.22	1415.74
E-7	0-7	130°59'13"	81.4	1416.38
E-8	0-8	130°54'44"	80.53	1416.58
E-9	0-9	130°57'13"	72.51	1417.37
E-10	0-10	128°57'11"	11.58	1417.92
E-11	0-11	128°54'45"	107.94	1419.58
E-12	0-12	128°52'28"	38.78	1420.84
E-13	0-13	128°52'28"	32.08	1421.38
E-14	0-14	128°52'28"	110.8	1421.78
E-15	0-15	128°52'28"	24.87	1422.38
E-16	0-16	140°58'57"	24.74	1422.82
E-17	0-17	138°54'45"	101.81	1423.37
E-18	0-18	138°54'45"	102.78	1423.51
E-19	0-19	138°58'53"	81.47	1424.48
E-20	0-20	140°58'57"	86.88	1424.48
E-21	0-21	138°52'28"	19.52	1424.78
E-22	0-22	140°58'57"	114.38	1425.38
E-23	0-23	140°58'57"	21.97	1425.38
E-24	0-24	138°52'28"	18.12	1425.80
E-25	0-25	138°52'28"	12.05	1425.85
E-26	0-26	138°52'28"	24.28	1426.38
E-27	0-27	138°52'28"	22.88	1426.48
E-28	0-28	138°52'28"	22.88	1426.58
E-29	0-29	138°52'28"	22.88	1426.68
E-30	0-30	138°52'28"	22.88	1426.78
E-31	0-31	138°52'28"	22.88	1426.88
E-32	0-32	138°52'28"	22.88	1426.98
E-33	0-33	138°52'28"	22.88	1427.08
E-34	0-34	138°52'28"	22.88	1427.18
E-35	0-35	138°52'28"	22.88	1427.28
E-36	0-36	138°52'28"	22.88	1427.38
E-37	0-37	138°52'28"	22.88	1427.48
E-38	0-38	138°52'28"	22.88	1427.58
E-39	0-39	138°52'28"	22.88	1427.68
E-40	0-40	138°52'28"	22.88	1427.78
E-41	0-41	138°52'28"	22.88	1427.88
E-42	0-42	138°52'28"	22.88	1427.98
E-43	0-43	138°52'28"	22.88	1428.08
E-44	0-44	138°52'28"	22.88	1428.18
E-45	0-45	138°52'28"	22.88	1428.28
E-46	0-46	138°52'28"	22.88	1428.38
E-47	0-47	138°52'28"	22.88	1428.48
E-48	0-48	138°52'28"	22.88	1428.58
E-49	0-49	138°52'28"	22.88	1428.68
E-50	0-50	138°52'28"	22.88	1428.78
E-51	0-51	138°52'28"	22.88	1428.88
E-52	0-52	138°52'28"	22.88	1428.98
E-53	0-53	138°52'28"	22.88	1429.08
E-54	0-54	138°52'28"	22.88	1429.18
E-55	0-55	138°52'28"	22.88	1429.28
E-56	0-56	138°52'28"	22.88	1429.38
E-57	0-57	138°52'28"	22.88	1429.48
E-58	0-58	138°52'28"	22.88	1429.58
E-59	0-59	138°52'28"	22.88	1429.68
E-60	0-60	138°52'28"	22.88	1429.78
E-61	0-61	138°52'28"	22.88	1429.88
E-62	0-62	138°52'28"	22.88	1429.98
E-63	0-63	138°52'28"	22.88	1430.08
E-64	0-64	138°52'28"	22.88	1430.18
E-65	0-65	138°52'28"	22.88	1430.28
E-66	0-66	138°52'28"	22.88	1430.38
E-67	0-67	138°52'28"	22.88	1430.48
E-68	0-68	138°52'28"	22.88	1430.58
E-69	0-69	138°52'28"	22.88	1430.68
E-70	0-70	138°52'28"	22.88	1430.78
E-71	0-71	138°52'28"	22.88	1430.88
E-72	0-72	138°52'28"	22.88	1430.98
E-73	0-73	138°52'28"	22.88	1431.08
E-74	0-74	138°52'28"	22.88	1431.18
E-75	0-75	138°52'28"	22.88	1431.28
E-76	0-76	138°52'28"	22.88	1431.38
E-77	0-77	138°52'28"	22.88	1431.48
E-78	0-78	138°52'28"	22.88	1431.58
E-79	0-79	138°52'28"	22.88	1431.68
E-80	0-80	138°52'28"	22.88	1431.78
E-81	0-81	138°52'28"	22.88	1431.88
E-82	0-82	138°52'28"	22.88	1431.98
E-83	0-83	138°52'28"	22.88	1432.08
E-84	0-84	138°52'28"	22.88	1432.18
E-85	0-85	138°52'28"	22.88	1432.28
E-86	0-86	138°52'28"	22.88	1432.38
E-87	0-87	138°52'28"	22.88	1432.48
E-88	0-88	138°52'28"	22.88	1432.58
E-89	0-89	138°52'28"	22.88	1432.68
E-90	0-90	138°52'28"	22.88	1432.78
E-91	0-91	138°52'28"	22.88	1432.88
E-92	0-92	138°52'28"	22.88	1432.98
E-93	0-93	138°52'28"	22.88	1433.08
E-94	0-94	138°52'28"	22.88	1433.18
E-95	0-95	138°52'28"	22.88	1433.28
E-96	0-96	138°52'28"	22.88	1433.38
E-97	0-97	138°52'28"	22.88	1433.48
E-98	0-98	138°52'28"	22.88	1433.58
E-99	0-99	138°52'28"	22.88	1433.68
E-100	0-100	138°52'28"	22.88	1433.78

**TOROGRAFIA MEDICION VAL Pag. 20**

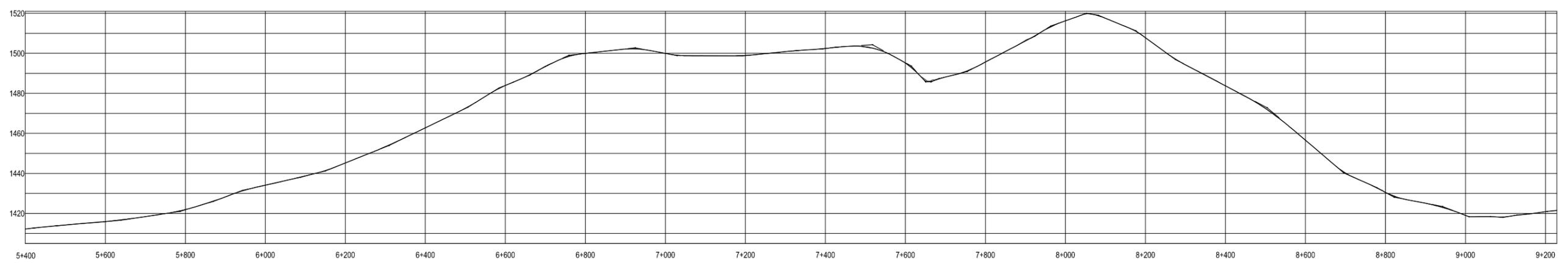
ESTACION	P.O.	AZIMUT	DH	ELEVACION
E-101	0-101	138°52'28"	22.88	1433.88
E-102	0-102	138°52'28"	22.88	1433.98
E-103	0-103	138°52'28"	22.88	1434.08
E-104	0-104	138°52'28"	22.88	1434.18
E-105	0-105	138°52'28"	22.88	1434.28
E-106	0-106	138°52'28"	22.88	1434.38
E-107	0-107	138°52'28"	22.88	1434.48
E-108	0-108	138°52'28"	22.88	1434.58
E-109	0-109	138°52'28"	22.88	1434.68
E-110	0-110	138°52'28"	22.88	1434.78
E-111	0-111	138°52'28"	22.88	1434.88
E-112	0-112	138°52'28"	22.88	1434.98
E-113	0-113	138°52'28"	22.88	1435.08
E-114	0-114	138°52'28"	22.88	1435.18
E-115	0-115	138°52'28"	22.88	1435.28
E-116	0-116	138°52'28"	22.88	1435.38
E-117	0-117	138°52'28"	22.88	1435.48
E-118	0-118	138°52'28"	22.88	1435.58
E-119	0-119	138°52'28"	22.88	1435.68
E-120	0-120	138°52'28"	22.88	1435.78
E-121	0-121	138°52'28"	22.88	1435.88
E-122	0-122	138°52'28"	22.88	1435.98
E-123	0-123	138°52'28"	22.88	1436.08
E-124	0-124	138°52'28"	22.88	1436.18
E-125	0-125	138°52'28"	22.88	1436.28
E-126	0-126	138°52'28"	22.88	1436.38
E-127	0-127	138°52'28"	22.88	1436.48
E-128	0-128	138°52'28"	22.88	1436.58
E-129	0-129	138°52'28"	22.88	1436.68
E-130	0-130	138°52'28"	22.88	1436.78
E-131	0-131	138°52'28"	22.88	1436.88
E-132	0-132	138°52'28"	22.88	1436.98
E-133	0-133	138°52'28"	22.88	1437.08
E-134	0-134	138°52'28"	22.88	1437.18
E-135	0-135	138°52'28"	22.88	1437.28
E-136	0-136	138°52'28"	22.88	1437.38
E-137	0-137	138°52'28"	22.88	1437.48
E-138	0-138	138°52'28"	22.88	1437.58
E-139	0-139	138°52'28"	22.88	1437.68
E-140	0-140	138°52'28"	22.88	1437.78
E-141	0-141	138°52'28"	22.88	1437.88
E-142	0-142	138°52'28"	22.88	1437.98
E-143	0-143	138°52'28"	22.88	1438.08
E-144	0-144	138°52'28"	22.88	1438.18
E-145	0-145	138°52'28"	22.88	1438.28
E-146	0-146	138°52'28"	22.88	1438.38
E-147	0-147	138°52'28"	22.88	1438.48
E-148	0-148	138°52'28"	22.88	1438.58
E-149	0-149	138°52'28"	22.88	1438.68
E-150	0-150	138°52'28"	22.88	1438.78
E-151	0-151	138°52'28"	22.88	1438.88
E-152	0-152	138°52'28"	22.88	1438.98
E-153	0-153	138°52'28"	22.88	1439.08
E-154	0-154	138°52'28"	22.88	1439.18
E-155	0-155	138°52'28"	22.88	1439.28
E-156	0-156	138°52'28"	22.88	1439.38
E-157	0-157	138°52'28"	22.88	1439.48
E-158	0-158	138°52'28"	22.88	1439.58
E-159	0-159	138°52'28"	22.88	1439.68
E-160	0-160	138°52'28"	22.88	1439.78
E-161	0-161	138°52'28"	22.88	1439.88
E-162	0-162	138°52'28"	22.88	1439.98
E-163	0-163	138°52'28"	22.88	1440.08
E-164	0-164	138°52'28"	22.88	1440.18
E-165	0-165	138°52'28"	22.88	1440.28
E-166	0-166	138°52'28"	22.88	1440.38
E-167	0-167	138°52'28"	22.88	1440.48
E-168	0-168	138°52'28"	22.88	1440.58
E-169	0-169	138°52'28"	22.88	1440.68
E-170	0-170	138°52'28"	22.88	1440.78
E-171	0-171	138°52'28"	22.88	1440.88
E-172	0-172	138°52'28"	22.88	1440.98
E-173	0-173	138°52'28"	22.88	1441.08
E-174	0-174	138°52'28"	22.88	1441.18
E-175	0-175	138°52'28"	22.88	1441.28
E-176	0-176	138°52'28"	22.88	1441.38
E-177	0-177	138°52'28"	22.88	1441.48
E-178	0-178	138°52'28"	22.88	1441.58
E-179	0-179	138°52'28"	22.88	1441.68
E-180	0-180	138°52'28"	22.88	1441.78
E-181	0-181	138°52'28"	22.88	1441.88
E-182	0-182	138°52'28"	22.88	1441.98
E-183	0-183	138°52'28"	22.88	1442.08
E-184	0-184	138°52'28"	22.88	1442.18
E-185	0-185	138°52'28"	22.88	1442.28
E-186	0-186	138°52'28"	22.88	1442.38
E-187	0-187	138°52'28"	22.88	1442.48
E-188	0-188	138°52'28"	22.88	1442.58
E-189	0-189	138°52'28"	22.88	1442.68
E-190	0-190	138°52'28"	22.88	1442.78
E-191	0-191	138°52'28"	22.88	1442.88
E-192	0-192	138°52'28"	22.88	1442.98
E-193	0-193	138°52'28"	22.88	1443.08
E-194	0-194	138°52'28"	22.88	1443.18
E-195	0-195	138°52'28"	22.88	1443.28
E-196	0-196	138°52'28"	22.88	1443.38
E-197	0-197	138°52'28"	22.88	1443.48
E-198	0-198	138°52'28"	22.88	1443.58
E-199	0-199	138°52'28"	22.88	1443.68
E-200	0-200	138°52'28"	22.88	1443.78

**TOROGRAFIA MEDICION VAL Pag. 30**

ESTACION	P.O.	AZIMUT	DH	ELEVACION
E-201	0-201	138°52'28"	22.88	1443.88</

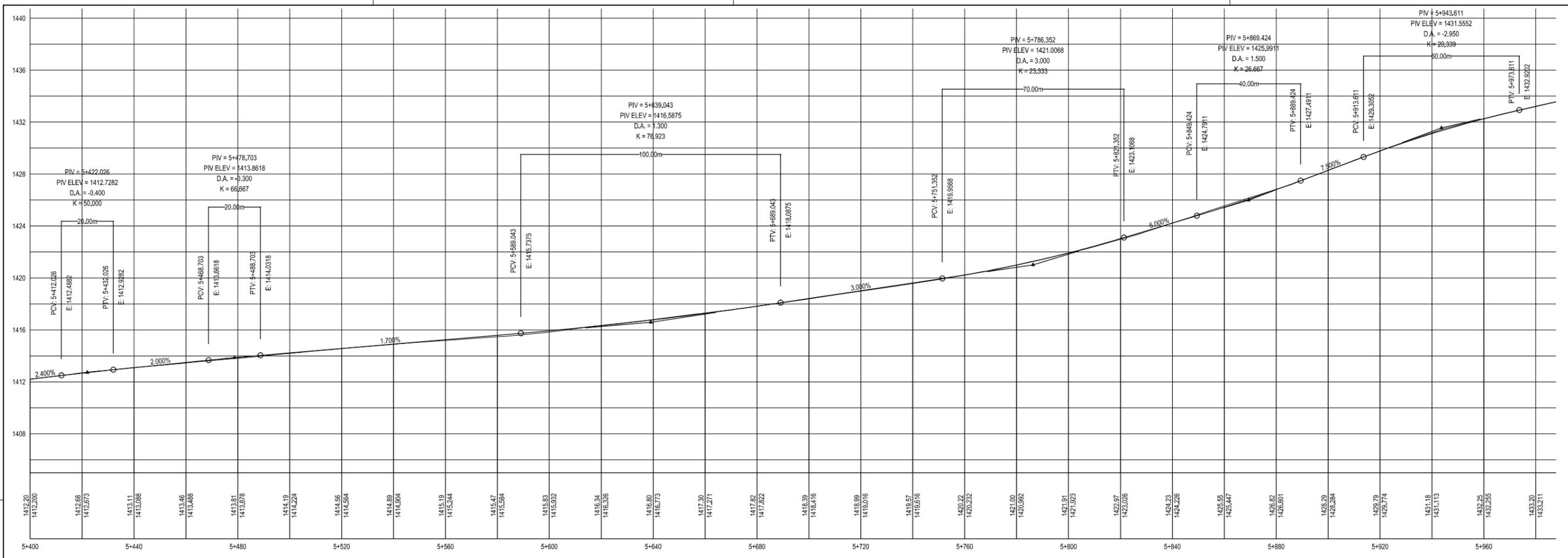


**PLANTA GENERAL**  
ESCALA 1/3 500

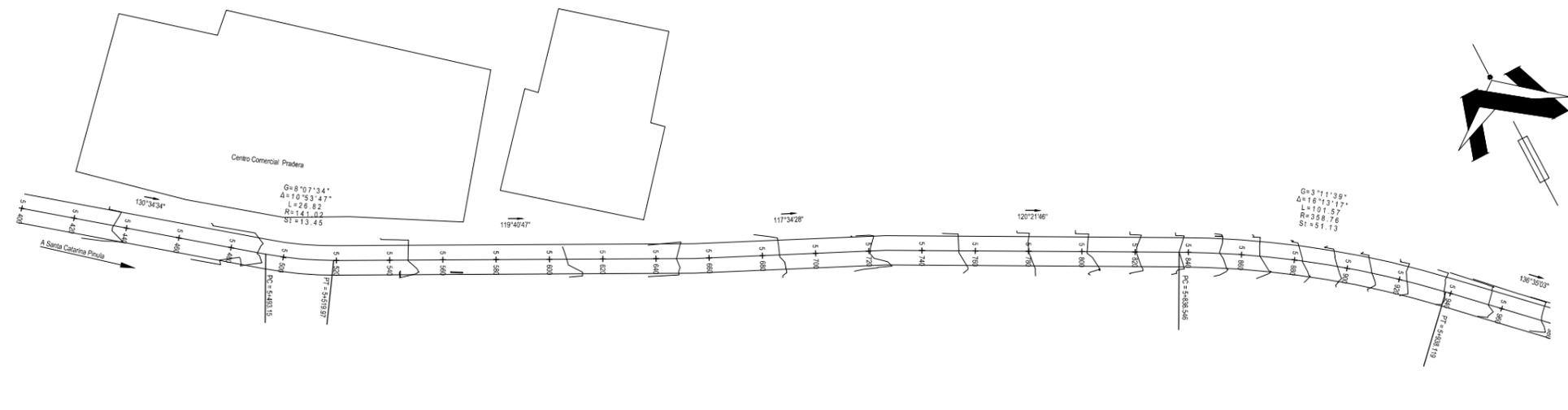


**PERFIL GENERAL**  
ESCALA H: 1/5 000 ESCALA V: 1/2 500

	<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> Ejercicio Profesional Supervisado
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE SEDE LA 26 AV. HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA
CONTENIDO: PLANTA, PERFIL GENERAL Y SECCIÓN TÍPICA	HOJA No <b>2</b> / 10



**PERFIL**  
 ESCALA H: 1/750    ESCALA V: 1/150



**PLANTA**  
 ESCALA 1/1 000

SIMBOLOGÍA	
CURVA HORIZONTAL	CURVA VERTICAL
G=grado de curvatura A=deflexión angular L=longitud de curva R=radio de curva S=sub-tangente	PIV = punto de intersección vertical PIV ELEV = elevación de punto de intersección vertical D.A. = diferencia algebraica de pendientes K = constante que depende de las velocidades L=longitud de curva
 PC = principio de curva  PT = principio de tangente	 PCV = principio de curva vertical ELEV = Elevación  PTV = principio de tangente vertical ELEV = Elevación

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**

---

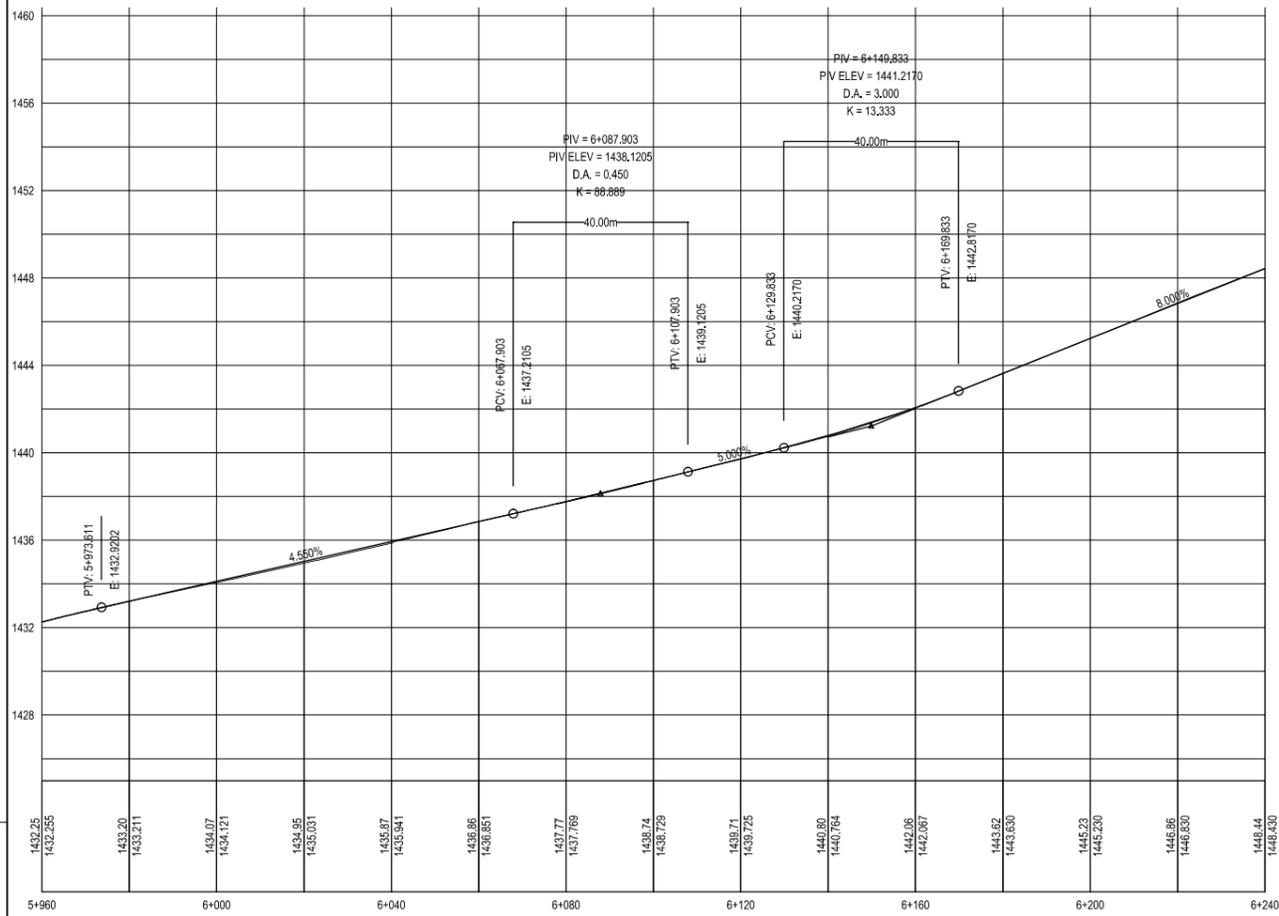
**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
**GUATEMALA**

---

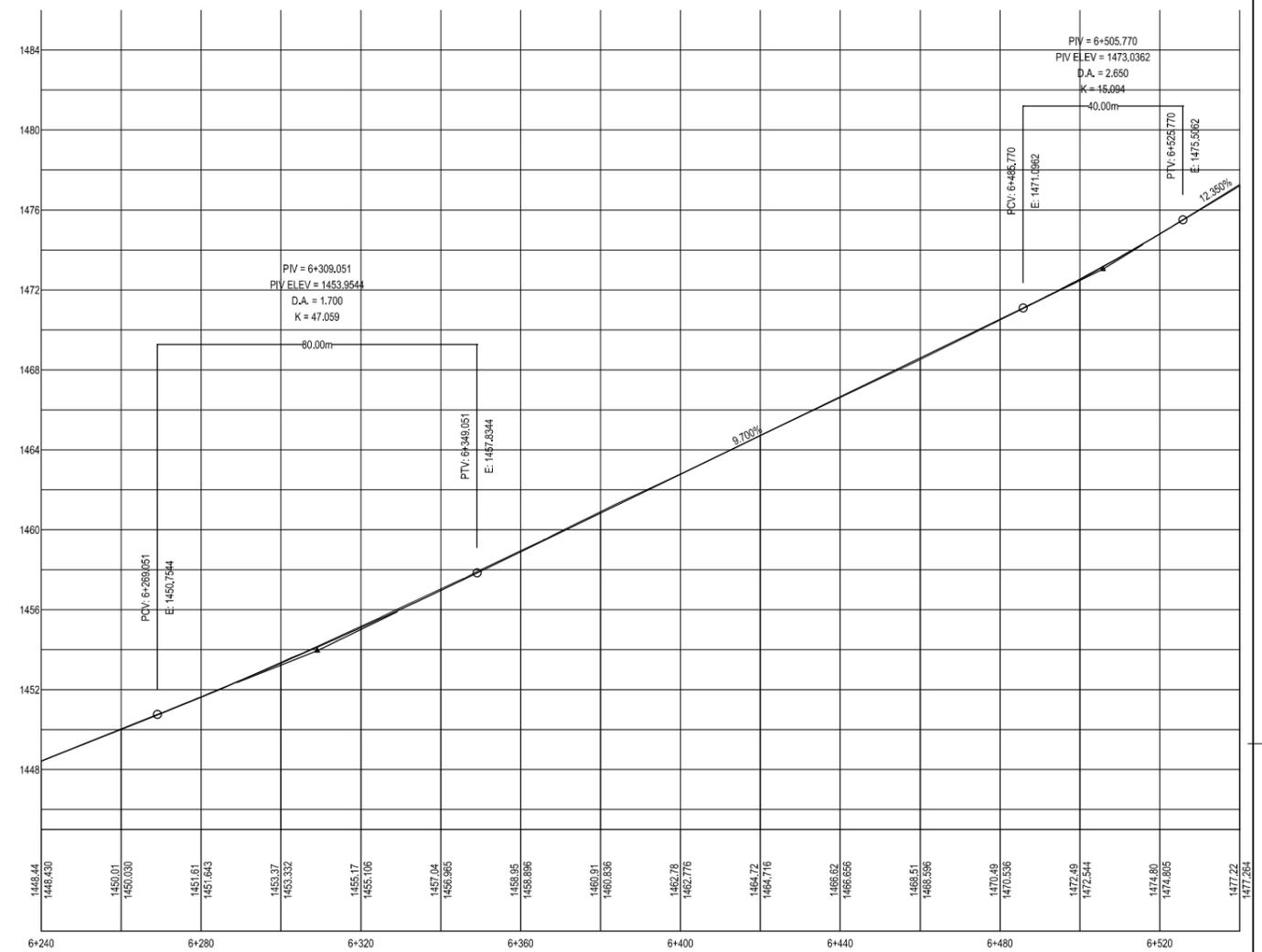
Proyecto: PAVIMENTACIÓN DE SEDE LA 26 AV. HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA  
 Contador: JUAN Y. GONZALEZ, S + ACC A S+960

---

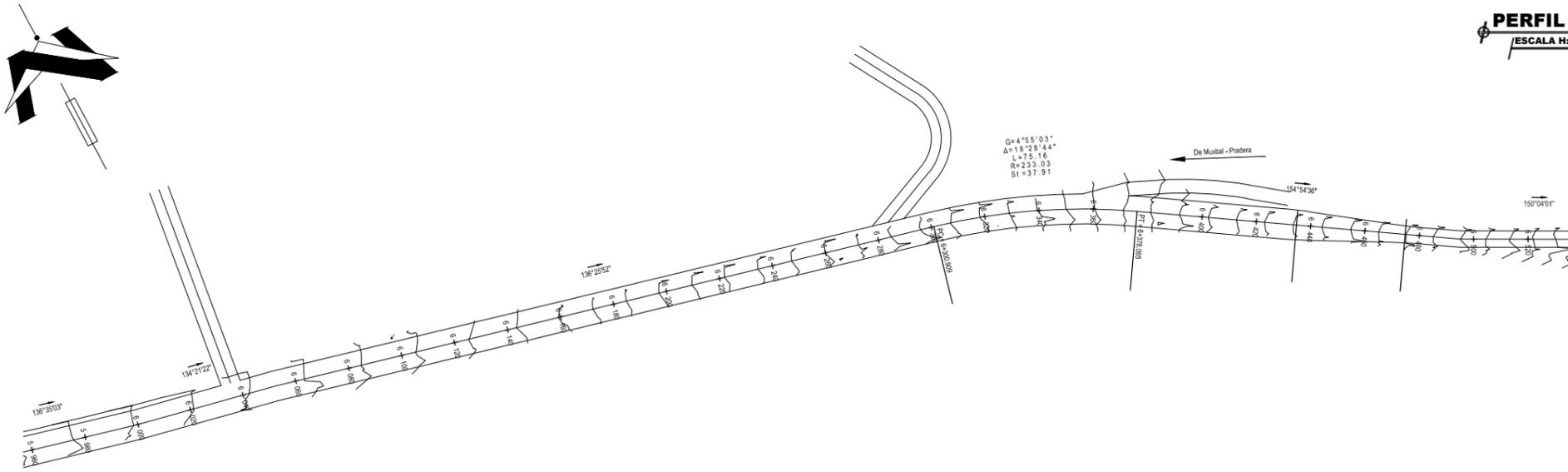
HOJA No **3** / 10



**PERFIL**  
 ESCALA H: 1/750 ESCALA V: 1/150



**PERFIL**  
 ESCALA H: 1/750 ESCALA V: 1/150



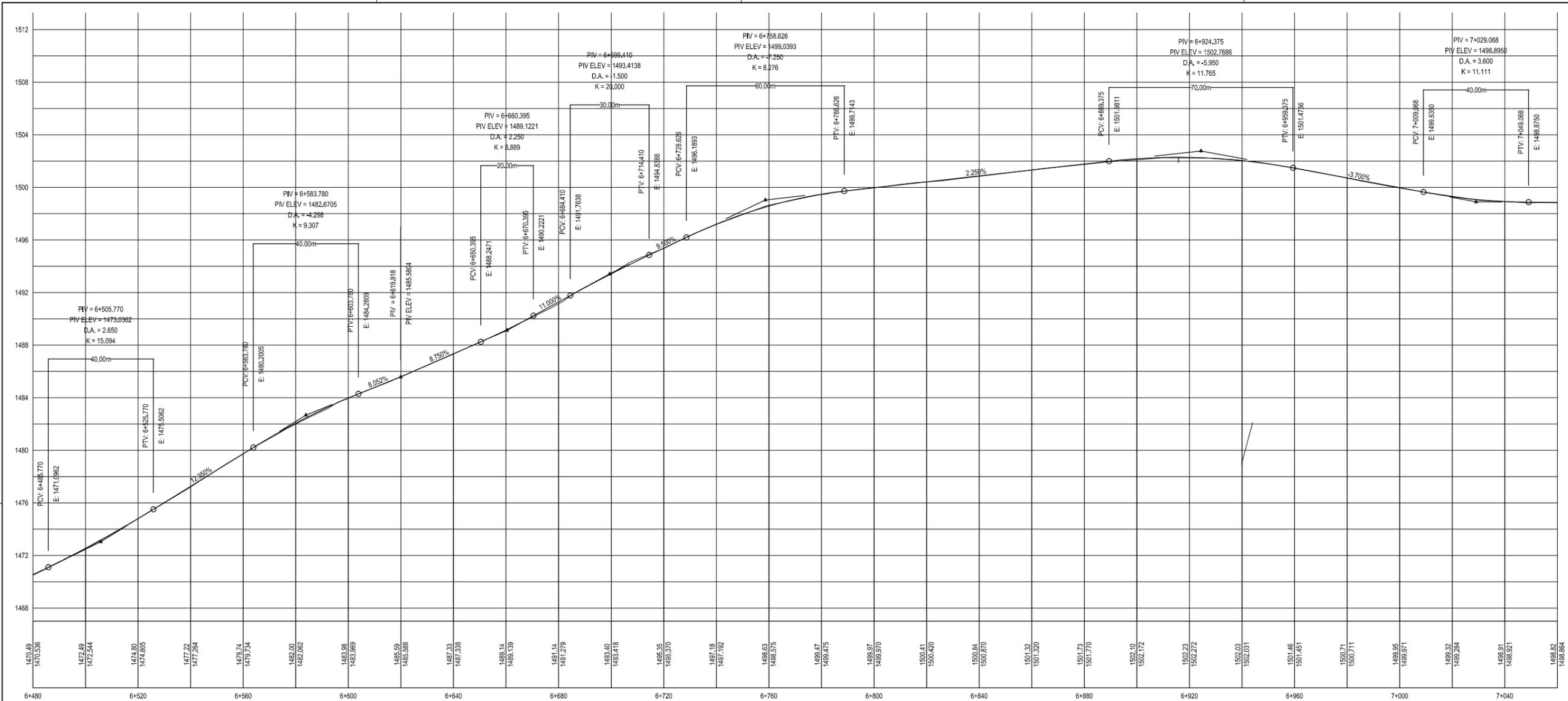
**PLANTA**  
 ESCALA 1/1 000

SIMBOLOGIA	
CURVA HORIZONTAL	CUVA VERTICAL
Gravedad de curvatura Δ ángulo angular L longitud de curva R radio de curva S Tangente-tangente	PIV = punto de intersección vertical PIV ELEV = elevación de punto de intersección vertical D.A. = diferencia algebraica de pendientes K = constante que depende de las velocidades Longitud de curva
PC: principio de curva	PVI: principio de curva vertical External
PT: tangente-tangente	PTV: principio de tangente vertical External

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**

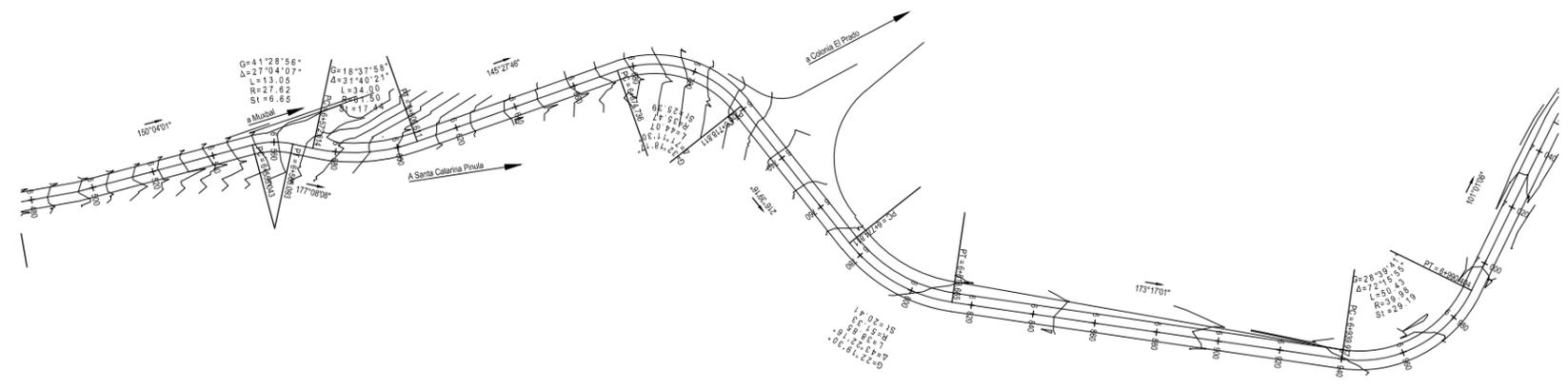
**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
**GUATEMALA**

Proyecto: PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AV. HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA  
 Cliente: PLANTA Y PERFIL GENERAL 5+980 A 6+520  
 HOJA No **4** / 10

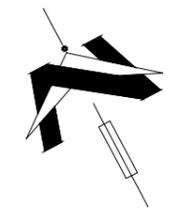


**PERFIL**  
 ESCALA H: 1/750 ESCALA V: 1/150

CURVA HORIZONTAL		CURVA VERTICAL	
G = grado de curvatura Δ = deflexión angular L = longitud de curva R = radio de curva ST = sub-tangente	PIV = punto de intersección vertical PIV ELEV = elevación de punto de intersección vertical D.A. = diferencia algebraica de pendientes K = constante que depende de las velocidades	PC = principio de curva PT = punto de tangencia	PVI = punto de intersección vertical PIV ELEV = elevación de punto de intersección vertical D.A. = diferencia algebraica de pendientes K = constante que depende de las velocidades



**PLANTA**  
 ESCALA 1/1 000




**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**

---

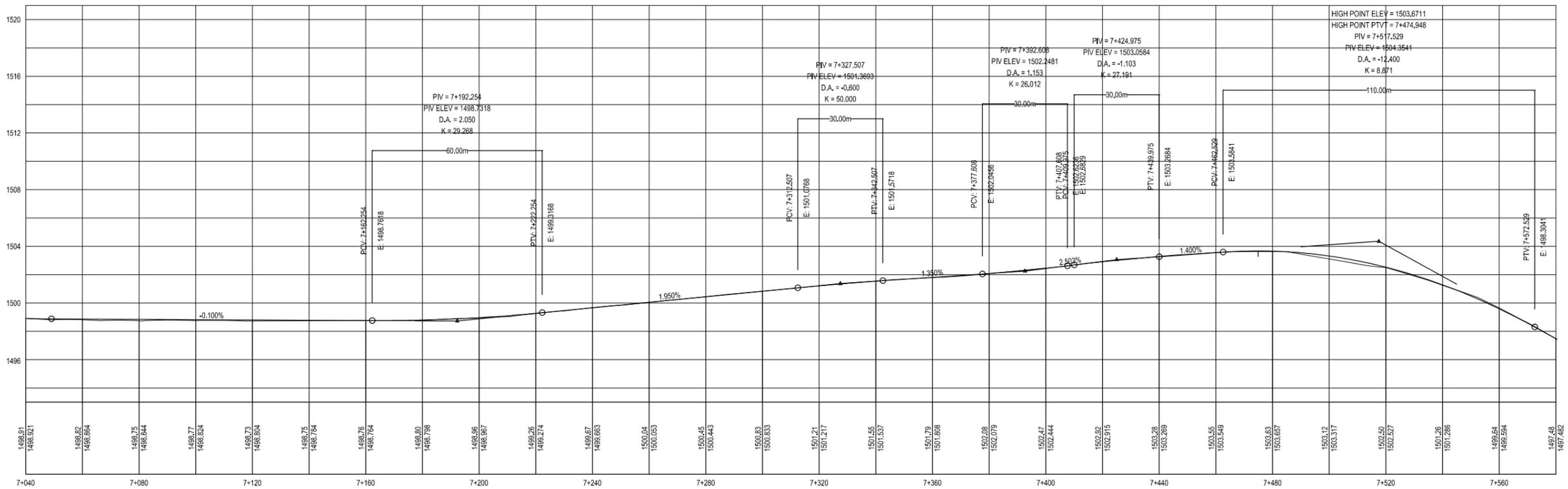
**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
**GUATEMALA**

---

Proyecto: PAVIMENTACIÓN DESE LA 26 AV. HACIA LA CABEZA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA  
 Contador: PLANTA Y PERFIL GENERAL 6+480 A 7+040  
 Fecha: 2023

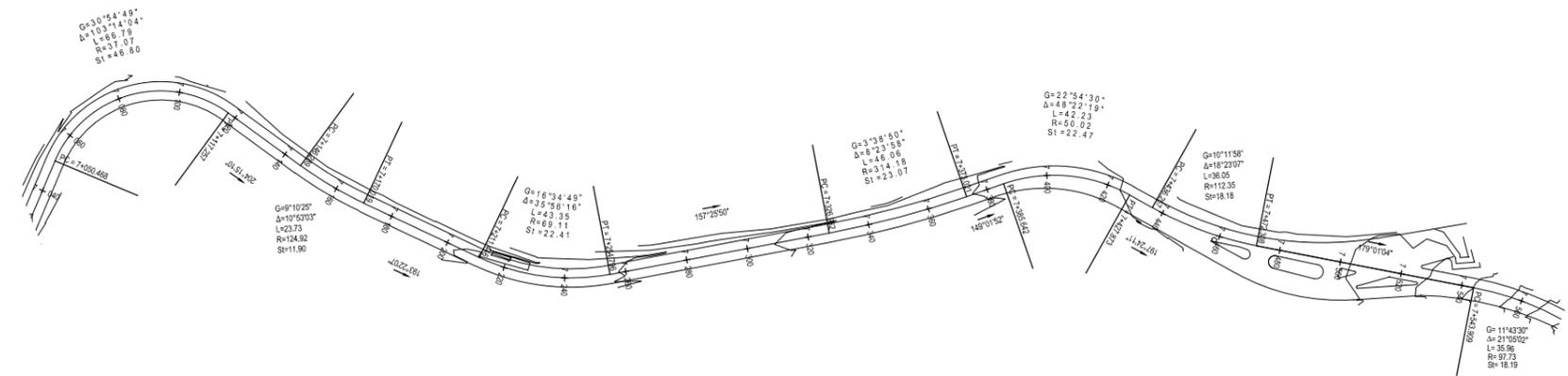
---

**HOJA No**  
**5** / **10**

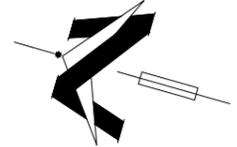


**PERFIL**  
 ESCALA H: 1/750    ESCALA V: 1/150

SIMBOLOGIA	
<b>CURVA HORIZONTAL</b>	<b>CURVA VERTICAL</b>
Grado de curvatura Δ = deflexión angular L = longitud de curva R = radio de curva ST = sub-tangente	PIV = punto de intersección vertical PIV ELEV = elevación de punto de intersección vertical D.A. = diferencia algebraica de pendientes K = constante que depende de las velocidades Longitud de curva



**PLANTA**  
 ESCALA 1/1 000



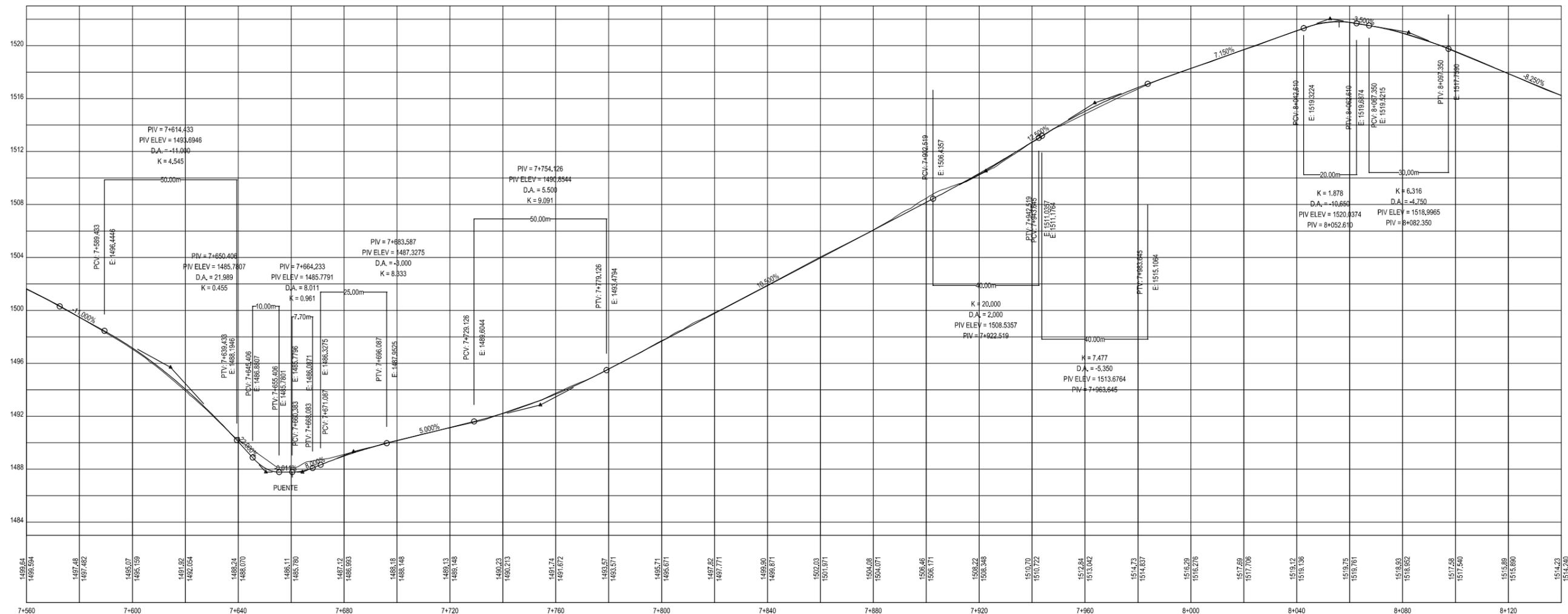
**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**

**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
**GUATEMALA**

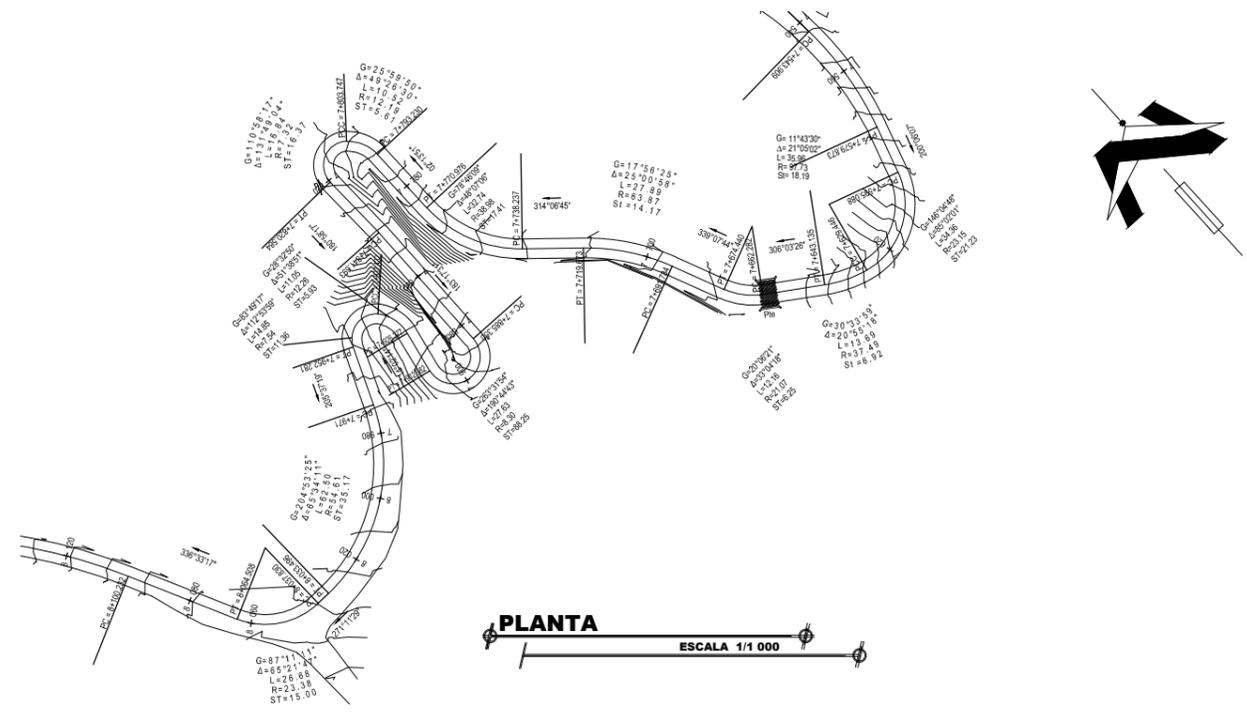
PAVIMENTACIÓN DESE LA 26 AV. HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA

Contenido: PLANTA Y PERFIL GENERAL T+OAO A.T+560

HOJA No **6** / 10



**PERFIL**  
 ESCALA H: 1/750    ESCALA V: 1/150



**PLANTA**  
 ESCALA 1/1 000

SIMBOLOGÍA	
CURVA HORIZONTAL	CUVA VERTICAL
<p>Grado de curvatura</p> <p>Deflexión angular</p> <p>L=longitud de curva</p> <p>R=radio de curva</p> <p>ST=sub-tangente</p>	<p>PIV = punto de intersección vertical</p> <p>PIV ELEV = elevación de punto de intersección vertical</p> <p>D.A. = diferencia algebraica de pendientes</p> <p>K = constante que depende de las velocidades</p> <p>Longitud de curva</p>
<p>PC = principio de curva</p> <p>PT = tangente de la parábola</p>	<p>PCV = principio de curva vertical</p> <p>Ext. Int.</p> <p>PTV = principio de tangente vertical</p> <p>Ext. Int.</p>


**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**

---

**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
 GUATEMALA

---

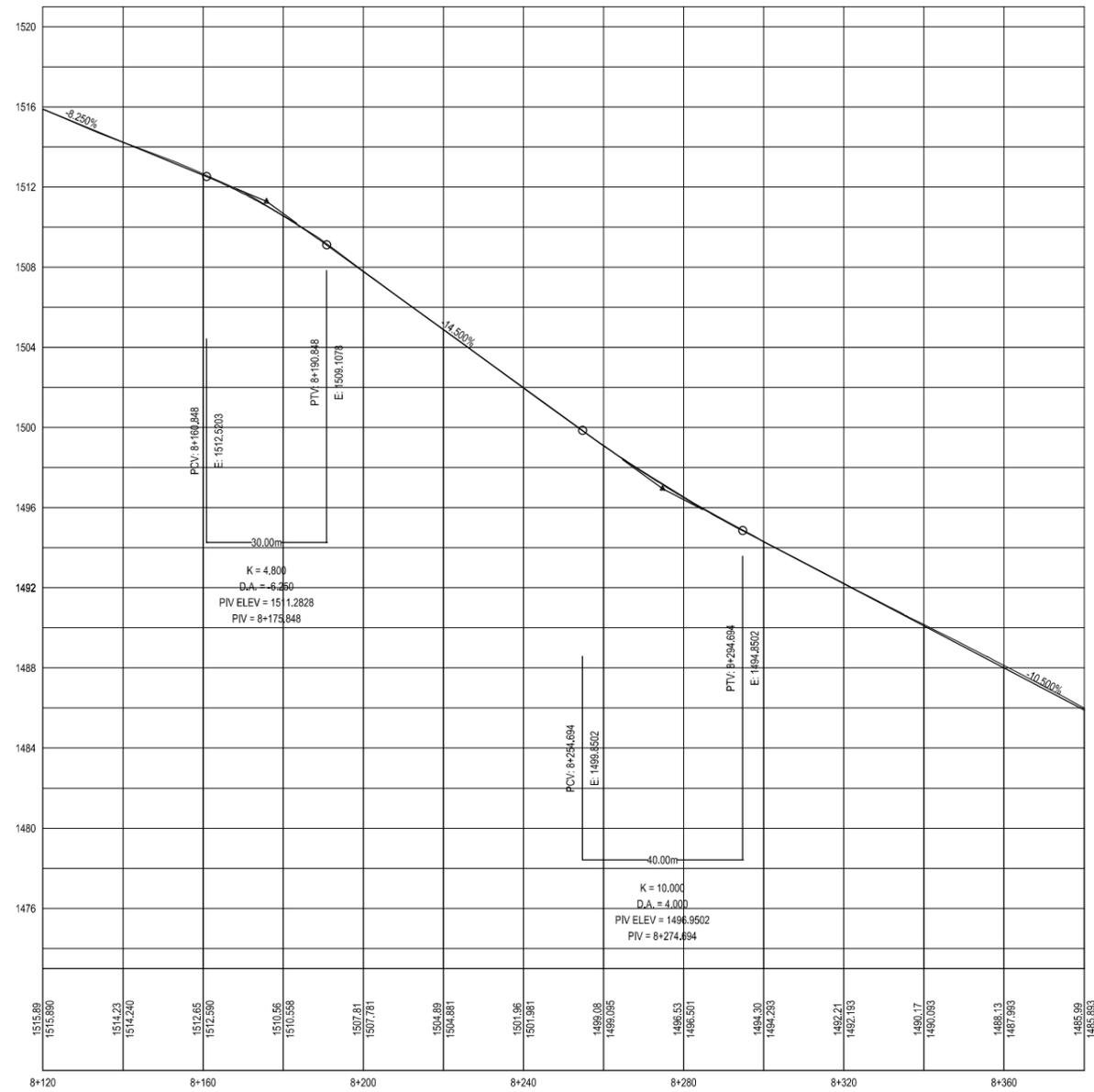
Proyecto: PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AV. HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA

---

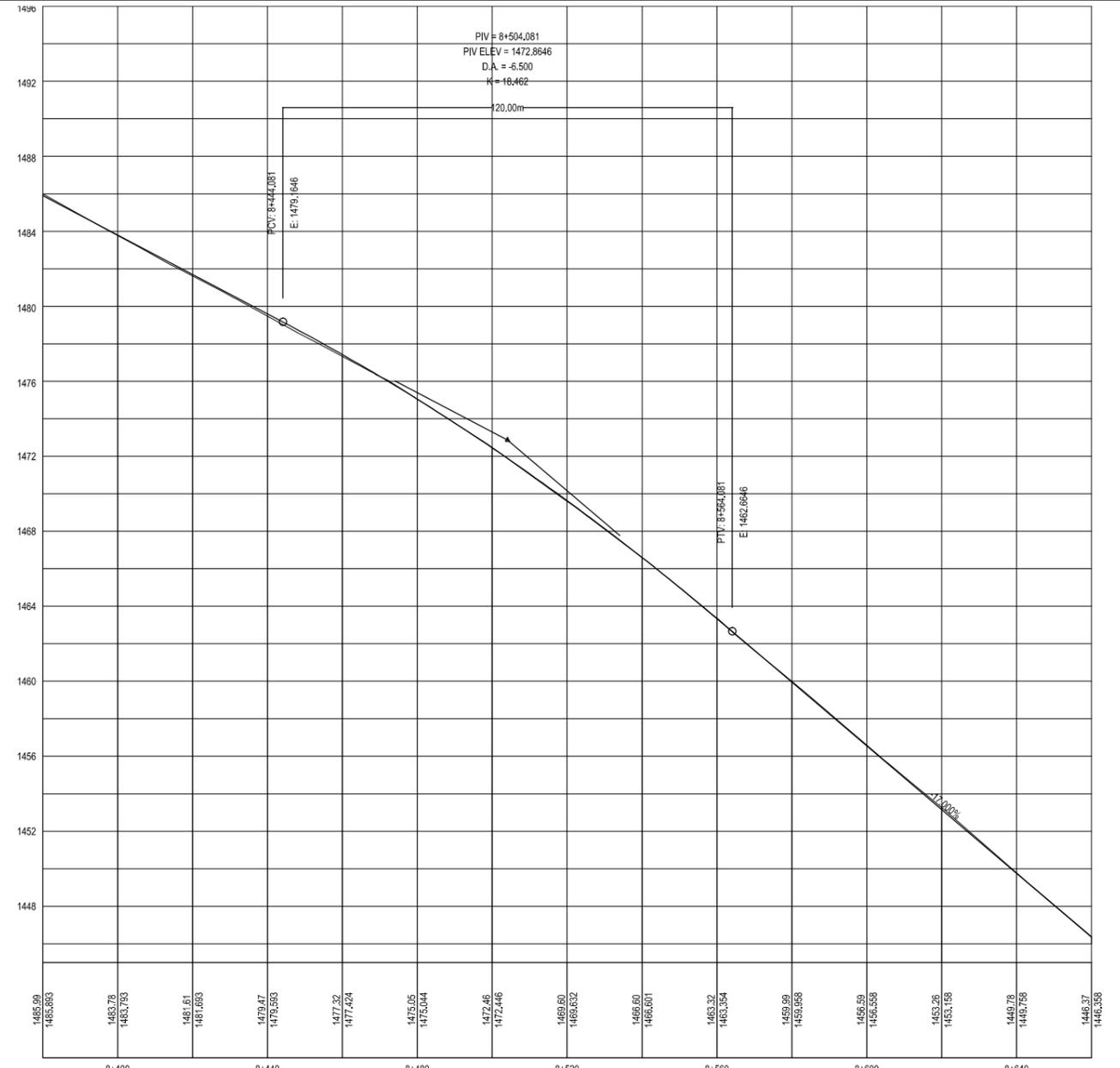
Comandante: PLANEA Y PERFILES GENERALES 200 A+B+6+0

---

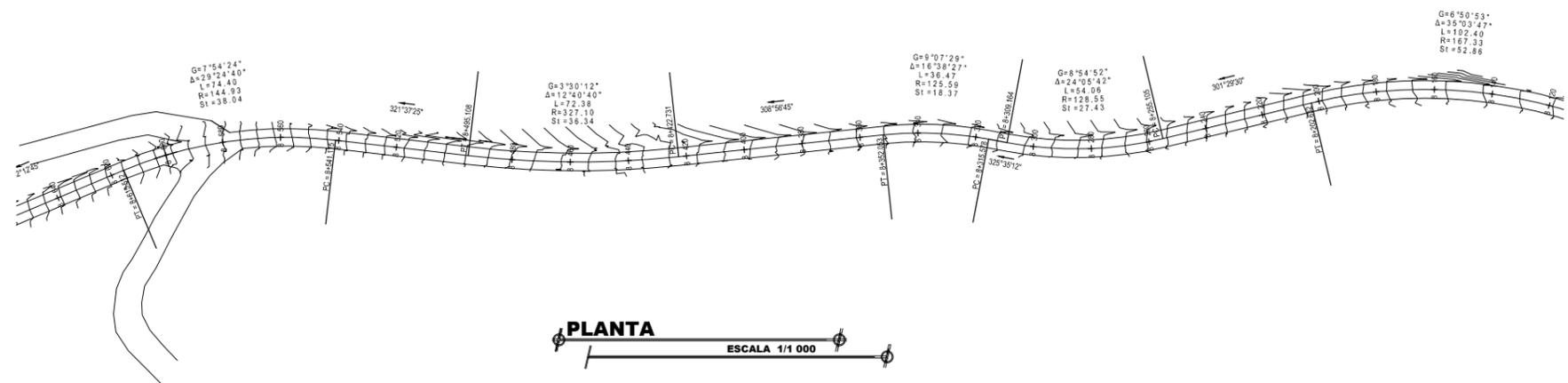
HOJA No **7** / 10



**PERFIL**  
ESCALA H: 1/750 ESCALA V: 1/150



**PERFIL**  
ESCALA H: 1/750 ESCALA V: 1/150



**PLANTA**  
ESCALA 1/1 000

SIMBOLOGÍA	
<b>CURVA HORIZONTAL</b>	<b>CUVA VERTICAL</b>
Grado de curvatura $\Delta$ deflexión angular Longitud de curva Radio de curva ST=sub-tangente	PIV = punto de intersección vertical PIV ELEV = elevación de punto de intersección vertical D.A. = diferencia algebraica de pendientes K = constante que depende de las velocidades Longitud de curva

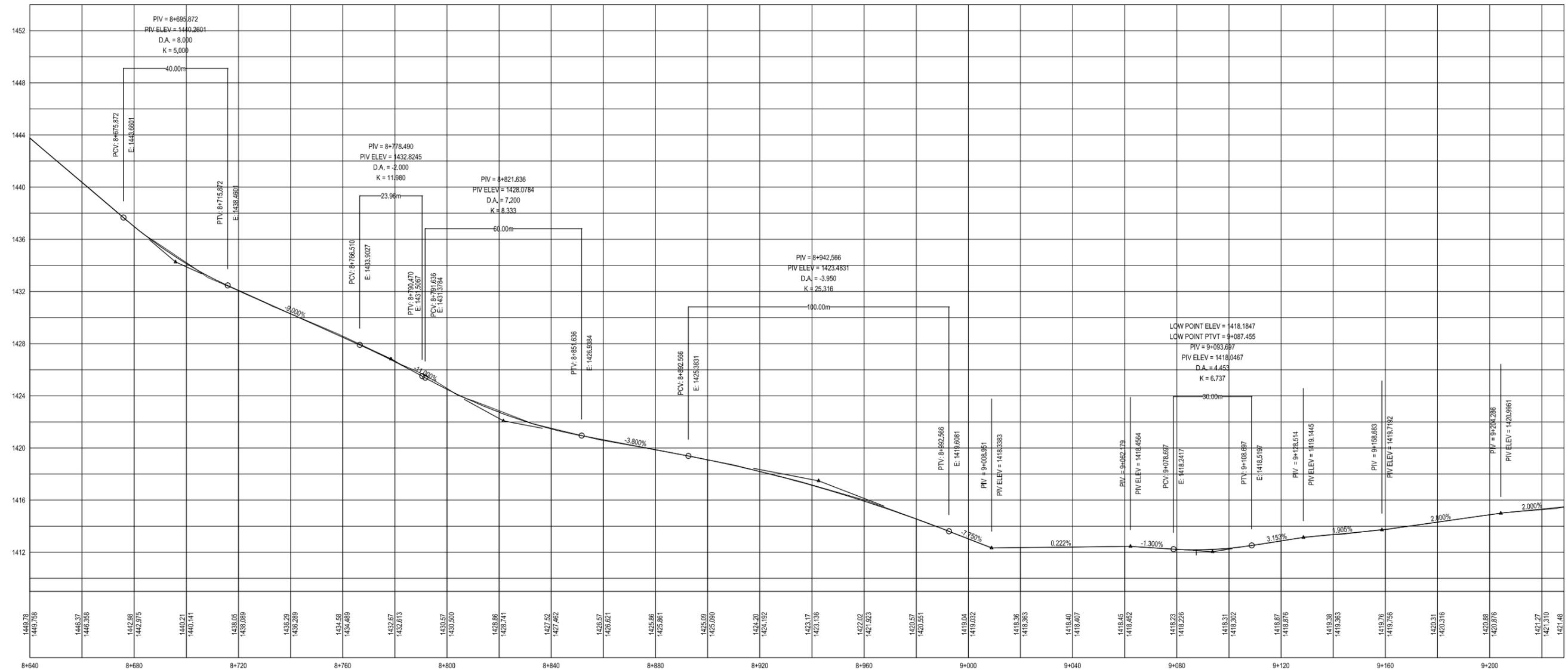
**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**

**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
**GUATEMALA**

Proyecto: PAVIMENTACIÓN DE SE LA 26 AV. HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA  
 Fecha: 08/07/2012

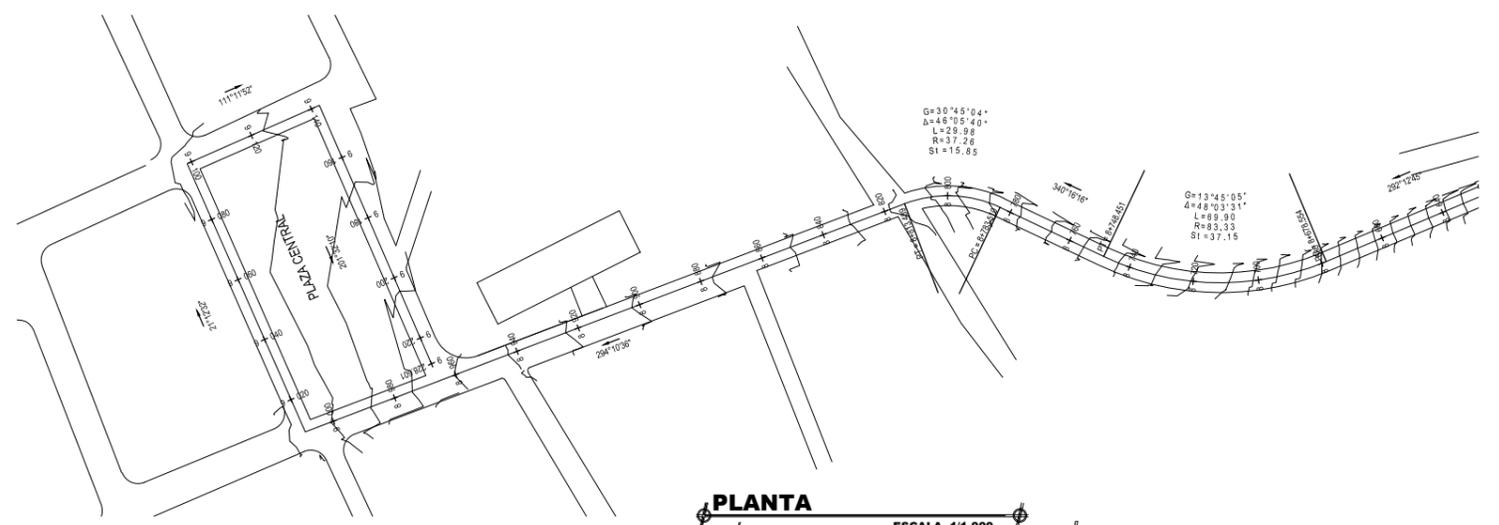
Contenido: PLANTA Y PERFIL GENERAL 8+120 A 8+640  
 Autor: NEDDAN

**HOJA No 8**  
**10**



**PERFIL**  
 ESCALA H: 1/750 ESCALA V: 1/150

CURVA HORIZONTAL		CURVA VERTICAL	
Grado de curvatura	Longitud de curva	PIV = punto de intersección vertical	Longitud de curva
Deflexión angular	Radio de curva	PIV ELEV = elevación de punto de intersección vertical	PIV = punto de intersección vertical
Radio de curva	ST = sub-tangente	D.A. = diferencia algebraica de pendientes	D.A. = elevación de punto de intersección vertical
ST = sub-tangente		K = constante que depende de las velocidades	K = constante que depende de las velocidades
		PCV = principio de curva vertical	PTV = punto de tangente vertical
		PTV = punto de tangente vertical	PTV = punto de tangente vertical



**PLANTA**  
 ESCALA 1/1 000

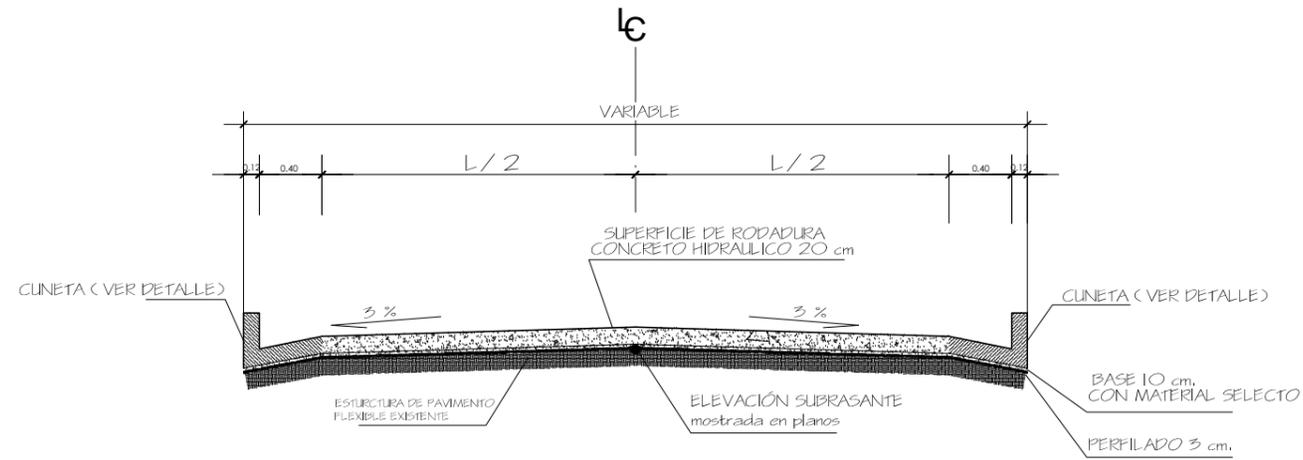



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Ejercicio Profesional Supervisado**

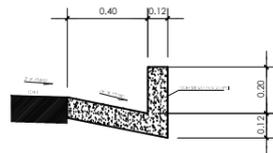
**MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA**  
**GUATEMALA**

PAVIMENTACIÓN DE SE LA 26 AV. HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA

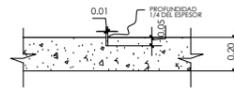
HOJA No **9** / **10**



**SECCIÓN TÍPICA GENERAL**  
ESCALA 1/20



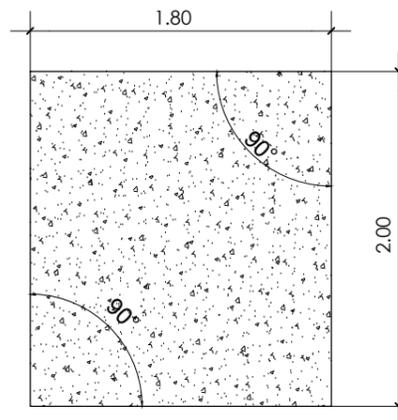
**DETALLE DE CUNETAS**  
ESCALA 1/20



**DETALLE DE JUNTA DE PAVIMENTO**  
ESCALA 1/20



**DETALLE DE PAVIMENTO**  
ESCALA 1/20



**DETALLE DE CORTE DE LOSAS**  
ESCALA 1/20

**ESPECIFICACIONES TECNICAS:**

- SE DEBE RESPETAR LAS DISTANCIAS Y AZIMUT PRESENTADOS EN LOS PLANOS, DANDO COMO RESULTADO LA FORMA DE LA CALLE Y EL ANCHO PROMEDIO ESPECIFICADO.
- PERFILAR LA CAPA EXISTENTE DE ASFALTO COMO MÍNIMO 3 cm.
- EL MATERIAL A UTILIZAR DEBE SER DE LA MEJOR CALIDAD.
- COLOCAR UNA CAPA BASE DE MATERIAL SELECTO DE 10 cm.
- TODO MATERIAL INAPROPIADO DEBE SER ELIMINADO Y/O REMOVIDO PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO
- EL ESPESOR DE LA CARPETA DE RODADURA SERÁ DE 20 cm. DE CONCRETO HIDRÁULICO LOGRANDO UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE 5000 PSI Y DEBE POSEER UNA CAPACIDAD DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE 650 PSI ( 45 Kg/cm<sup>2</sup>) A LOS 28 DÍAS.
- PARA LA FUNDICIÓN DE LA MEZCLA SE HARÁ CON CONCRETO PREMEZCLADO, ESTO PARA AGILIZAR Y CONTROLAR LA CALIDAD DE LA MISMA.
- DURANTE LA FUNDICIÓN DE CONCRETO PREMEZCLADO EL CONTRATISTA DEBE EFECTUAR LAS ACCIONES NECESARIAS PARA CONTROLAR EL TRAFICO DIRIGIÉNDOLO, COLOCANDO SEÑALES, CONTROLANDO LA VELOCIDAD, Y TODO LO NECESARIO PARA EVITAR ACCIDENTES ASÍ COMO EL DETERIORO DEL TRABAJO EFECTUADO.
- EL ANCHO PROMEDIO DE LA PLANCHAS GENERADAS DE LA FUNDICIÓN SERÁ DE 3.60 m. PARA LAS JUNTAS SE HARÁN CORTES EN SENTIDO LONGITUDINAL DE 1.80 m. Y EN SENTIDO TRANSVERSAL DE 2.00 m. PARA GENERAR LOSAS DE 1.80 m. x 2.00 m.

	<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b> <b>Ejercicio Profesional Supervisado</b>	
	Proyecto: PAVIMENTACIÓN DESDE LA 26 AV. HACIA LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA GUATEMALA
Contenido: DETALLES CONSTRUCTIVOS	Escala: INDICADA	HOJA No <b>10</b> / 10