



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL Y DEL
TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS
ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**

Luis Emilio Car Chigüichón

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García de Sierra

Guatemala, marzo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL Y DEL
TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS
ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL Y DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de julio de 2014.

Luis Emilio Car Chigüichón



Guatemala, 27 de octubre de 2017
Ref.EPS.DOC.753.10.17

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Director a.i.
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Arrivillaga Ochaeta:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Emilio Car Chiguichón, Registro Académico 200915636 y CUI 1663 32410 0101**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL Y DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPÉQUE, CHIMALTENANGO.**

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"


Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil

(Circular stamp: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Unidad de EPS)

c.c. Archivo
MRGSdS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala, 21 de mayo de 2018

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 DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL Y DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO." desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Emilio Car Chigüichón con registro académico 200915636 y CUI 1663 32410 0101, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García de Sierra.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad 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



Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua

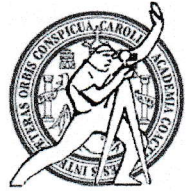




USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 22 de octubre de 2,020

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director de Escuela de
Ingeniería Civil Facultad de
Ingeniería
Universidad de
San Carlos de Guatemala:

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he tenido a la vista PRACTICA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS) Diseño DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL Y DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO desarrollado por la estudiante de ingeniería Civil LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN CUI 1663 32410 0101 Reg. Estudiantil: 2009-15636, asesorado Inga. Mayra Rebeca García de Sierra

Considero este trabajo desarrollado y que 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,

Ingeniero.
Armando Fuentes Roca
Coordinador del Departamento de Estructuras

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 27 de octubre de 2020
REF.EPS.D.181.10.20

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envió el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL Y DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Emilio Car Chigüichón, CUI 1663 32410 0101 y Registro Académico 200915636**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte de la Asesora-Supervisora, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Luis Emilio Car Chigüichón titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL Y DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca



Director Escuela Ingeniería Civil

Guatemala, marzo 2021

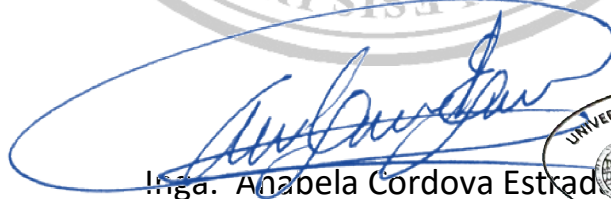
/mrrm.



DTG. 100.2021.

La Decana 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 DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL Y DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Emilio Car Chigüichón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, marzo de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por el don de la vida, su amor y presencia en mi desarrollo humano y profesional. Por conducirme por los caminos de conversión que me llevaron hacia él.
María Santísima	Por ser fortaleza en mi vida e intercesora ante Jesucristo, por escuchar mis oraciones.
Mis padres	Julio Armando Car y Audelina Chigüichón como regalo de su apoyo en mi vida, por su amor, su guía, enseñanza y por ser mi iglesia doméstica.
Mis hermanos	Edgar y Anibal Car. Por ser fuente de inspiración, por su ejemplo y acompañamiento. Por su apoyo incondicional y sin medida.
Mi prometida	Lupita porque desde que nuestras vidas se cruzaron ha sido un pilar importante para que pueda alcanzar los proyectos propuestos.
Inga. Mayra García	Por su acompañamiento, asesoría y sobre todo apoyo en la agilización del proceso final de este informe.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por el don de la vida y la oportunidad que me da para vivir esta realidad temporal.
Mis padres	Por darme la vida y educarme en valores, que hoy dan frutos al culminar esta etapa.
Mis hermanos	Por su presencia en todo momento en el cumplimiento de mis metas y sueños.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas de sus aulas para formarme como un profesional integral.
Facultad de Ingeniería	Por cobijarme durante mi etapa de estudiante y darme las herramientas necesarias para adquirir los conocimientos necesarios en esta profesión.
Municipalidad de San Martín Jilotepeque	Por permitirme desarrollar este trabajo en su municipio y contribuir en el desarrollo del mismo.
Grupo Juvenil Puer Jesus	Por ser el medio por el que Dios me condujo hacia él y vía para tener el discernimiento para alcanzar esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango	1
1.1.1. Síntesis histórica.....	1
1.1.2. Información general	2
1.1.3. Ubicación y localización.....	3
1.1.4. Límites y colindancias.....	4
1.1.5. Clima	4
1.1.6. Costumbres y tradiciones	4
1.1.7. Aspectos socioeconómicos.....	5
1.2. Aspectos de infraestructura	5
1.2.1. Rutas de acceso	5
1.2.2. Servicios públicos existentes	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1. Diseño del edificio de dos niveles para el nuevo mercado municipal, municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango.	9

2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.2.	Investigación preliminar.....	11
2.1.3.	Estudios preliminares	11
2.1.3.1.	Levantamiento topográfico	12
2.1.3.2.	Análisis del estudio de suelos	12
2.1.4.	Distribución arquitectónica	13
2.1.4.1.	Distribución de ambientes	13
2.1.4.2.	Alturas del edificio y cotas.....	16
2.1.4.3.	Sistema estructural que será utilizado en el diseño del edificio	17
2.1.5.	Análisis estructural	17
2.1.5.1.	Predimensionamiento de los elementos estructurales	19
2.1.5.1.1.	Losa	19
2.1.5.1.2.	Vigas principales.....	24
2.1.5.1.3.	Columnas.....	26
2.1.5.2.	Integración de cargas gravitacionales y cargas aplicadas a los marcos	28
2.1.5.3.	Integración de peso estructural	40
2.1.5.4.	Cálculo de corte basal, método de AGIES	45
2.1.5.4.1.	Cálculo de fuerzas por nivel.....	49
2.1.5.4.2.	Determinación de centro de masa	50
2.1.5.4.3.	Determinación de centro de rigidez.....	50
2.1.5.4.4.	Cálculo de excentricidades	54

	2.1.5.4.5.	Cálculo de fuerzas laterales por marco.....	56
2.1.5.5.		Análisis estructural por el método de Kani	59
	2.1.5.5.1	Análisis nudos rígidos....	60
	2.1.5.5.2	Análisis con nudos desplazables	74
2.1.5.6.		Comparación de resultados del análisis estructural con el método Kani y método computacional a través del software para cálculo estructural ETABS	83
2.1.5.7.		Envolvente de momentos	91
	2.1.5.5.1	Esfuerzos cortantes últimos en vigas y columnas	96
2.1.6.		Diseño estructural.....	101
	2.1.6.1.	Losas	101
		2.1.6.1.1. Diseño de losa crítica .	102
	2.1.6.2.	Diseño de viga crítica	111
	2.1.6.3.	Columnas.....	120
	2.1.6.4.	Cimentación.....	131
	2.1.6.5.	Módulo de gradas	143
2.1.7.		Diseño de nudos sísmicos.....	149
2.1.8.		Planos constructivos.....	160
2.1.9.		Presupuesto del proyecto	161
	2.1.9.1.	Cantidades de trabajo.....	161
2.1.10.		Evaluación de Impacto ambiental inicial	162

2.2.	Diseño del tramo carretero comprendido del casco urbano hacia la aldea Las Escobas, municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango.....	163
2.2.1.	Descripción del proyecto	163
2.2.2.	Investigación preliminar.....	164
2.2.3.	Criterios de diseño	164
2.2.4.	Levantamiento topográfico	165
2.2.4.1.	Planimetría	165
2.2.4.2.	Altimetría	167
2.2.4.3.	Secciones transversales.....	168
2.2.5.	Cálculo topográfico.....	168
2.2.5.1.	Cálculo planimétrico	168
2.2.5.2.	Cálculo altimétrico	170
2.2.6.	Diseño geométrico de carreteras	173
2.2.6.1.	Alineamiento horizontal	174
2.2.6.1.1.	Curvas horizontales	174
2.2.6.1.2.	Curvas de transición ...	181
2.2.6.1.3.	Distancia de bombeo ..	182
2.2.6.1.4.	Peralte.....	183
2.2.6.1.5.	Sobreechancho.....	186
2.2.6.2.	Alineamiento vertical	190
2.2.6.2.1.	Subrasante.....	190
2.2.6.2.2.	Pendientes	191
2.2.6.2.3.	Curvas verticales.....	192
2.2.6.2.4.	Correcciones a curvas verticales	195
2.2.7.	Movimiento de tierras	199
2.2.7.1.	Seccionamiento transversal	200

2.2.7.2.	Cálculo de áreas de las secciones transversales	201
2.2.7.3.	Cálculo de volúmenes de tierra	202
2.2.7.4.	Curva de balance.....	204
2.2.8.	Estudio de suelos	205
2.2.8.1.	Inspección de suelos y muestreo.....	206
2.2.8.2.	Análisis de resultados de laboratorio .	208
2.2.9.	Diseño de carpeta de rodadura	211
2.2.9.1.	Criterios de pavimentos	212
2.2.9.2.	Análisis de cargas.....	213
2.2.9.3.	Diseño de carpeta de rodadura	217
2.2.10.	Diseño de drenajes.....	235
2.2.10.1.	Estudio hidrológico	235
2.2.10.2.	Drenaje transversal.....	237
2.2.10.3.	Drenaje longitudinal	238
	2.2.10.3.1. Cuneta.....	238
2.2.11.	Elaboración de planos	238
2.2.12.	Presupuesto del proyecto	239
2.2.12.1.	Cantidades estimadas de trabajo	239
2.2.13.	Evaluación ambiental inicial.....	241
CONCLUSIONES		243
RECOMENDACIONES		245
BIBLIOGRAFÍA.....		247
APÉNDICES		251
ANEXOS.....		321

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa del territorio municipal	2
2.	Ubicación del municipio.....	3
3.	Distribución arquitectónica – nivel 1	15
4.	Distribución arquitectónica – nivel 2.....	16
5.	Planta submódulo B3 – primer nivel.....	18
6.	Planta submódulo B3 – segundo nivel	19
7.	Comportamiento estructural de losa	20
8.	Área de corte inducido de losa a viga	23
9.	Espesor de losa	24
10.	Sección transversal de vigas principales (V.P.)	25
11.	Sección de columnas	26
12.	Elementos estructurales del primer nivel.....	27
13.	Elementos estructurales del segundo nivel.....	28
14.	Áreas tributarias en el marco 9 (eje X).....	30
15.	Áreas tributarias en el marco H (eje Y)	31
16.	Diagrama de carga muerta – marco 9 (eje X)	36
17.	Diagrama de carga viva – marco 9 (eje X).....	37
18.	Diagrama de carga muerta – marco H (eje Y).....	39
19.	Diagrama de carga viva – marco H (eje Y)	39
20.	Concentración de masas por nivel	40
21.	Posición del centro de masa y centro de rigidez	55
22.	Fuerzas laterales del cortante sísmico – marco 9	58
23.	Fuerzas laterales del cortante sísmico – marco H	59

24.	Distribución de nudos marco 9 con cargas distribuidas.....	64
25.	Esquema de iteraciones, método de Kani con nudos rígidos para carga muerta – marco 9.....	71
26.	Diagrama de momentos por carga muerta – marco 9.....	72
27.	Diagrama de momentos por carga viva – marco 9	72
28.	Diagrama de momentos por carga muerta – marco H.....	73
29.	Diagrama de momentos por carga viva – arco H.....	73
30.	Diagrama de cargas sísmicas – distribución de nudos marco 9	77
31.	Diagrama de momentos por sismo – marco 9	81
32.	Esquema de iteraciones, método de Kani con desplazamientos horizontales por carga sísmica – marco 9	82
33.	Diagrama de momentos por sismo – marco H.....	83
34.	Comparación de momentos por carga muerta, marco 9.....	84
35.	Comparación de momentos por carga viva, marco 9.....	85
36.	Comparación de momento por carga sísmica, marco 9.....	86
37.	Comparación de momentos por carga muerta, marco H	87
38.	Comparación de momentos por carga viva, marco H.....	88
39.	Comparación de momento por carga sísmica, marco H.....	89
40.	Representación de las cargas actuantes en vigas.....	97
41.	Representación de las cargas actuantes en columnas.....	98
42.	Losas primer nivel – módulo B3.....	101
43.	Diagramas de momentos en losas – primer nivel	104
44.	Diagrama momentos losa L5 y L7	105
45.	Diagrama de momentos balanceados en losas – primer nivel.....	106
46.	Sección transversal de losas del primer nivel	110
47.	Detalle armado de losas del primer nivel	110
48.	Envolvente de momento viga 9 – 10 del marco H, nivel 1	111
49.	Armado longitudinal de viga 9 – 10, nivel 1	114
50.	Detalle refuerzo transversal en viga 9 – 10, nivel 1	119

51.	Distribución de deformaciones unitarias en columna	121
52.	Diagrama de interacción de resistencia	128
53.	Armado del refuerzo en columna	131
54.	Diagrama falla de corte por punzonamiento.....	138
55.	Diagrama de falla de corte por flexión.....	139
56.	Diagrama del momento flector en zapata.....	140
57.	Detalle del refuerzo de zapata	143
58.	Planta y corte de módulo de gradas.....	144
59.	Diagrama de corte y momento flexionante del tramo de gradas	146
60.	Tipos de configuración del nudo	149
61.	Cargas en el nudo y fuerzas resultantes de cargas laterales.....	150
62.	Diagrama de cuerpo libre de una columna interior y del nudo	151
63.	Unión interior marco 9 – H, primer nivel.....	155
64.	Refuerzo transversal en la unión interior marco 9 - H	159
65.	Diagrama de nivelación taquimétrica	171
66.	Puntos tomados en campo dibujados en AutoCAD Civil 3D	174
67.	Grado de curvatura (G)	175
68.	Elementos de una curva horizontal	177
69.	Ejemplo de curva horizontal	180
70.	Curva de transición y distancia de bombeo.....	182
71.	Variación transversal de bombeo y peralte	185
72.	Diagrama de transición de bombeo y peralte.....	186
73.	Tipos de curvas vertical.....	194
74.	Elementos de la curva vertical	194
75.	Volúmenes de tierra	204
76.	Línea de curva de masa.....	206
77.	Nomograma de diseño para pavimento flexible	226
78.	Coeficiente estructural a_1 , para capa asfáltica	228
79.	Coeficiente estructural a_2 , para capa base granular.....	229

80.	Coeficiente estructural a_3 , para capa sub base granular	230
81.	Espesores de la estructura del pavimento diseñado.....	234

TABLAS

I.	Datos obtenidos de ensayo compresión triaxial.....	13
II.	Secciones a utilizar de los elementos estructurales	27
III.	Cargas muertas para diseño – marco 9 y H	32
IV.	Cargas vivas de diseño – marco 9 y H	33
V.	Cargas muertas distribuidas – marco 9 (eje X).....	35
VI.	Cargas vivas distribuidas – marco 9 (eje X).....	36
VII.	Cargas muertas distribuidas – marco H (eje X)	37
VIII.	Cargas vivas distribuidas – marco H (eje Y)	38
IX.	Resumen peso de vigas	41
X.	Resumen peso de columnas	42
XI.	Resumen peso de losa	42
XII.	Resumen peso de muros.....	43
XIII.	Resumen peso de ventanería.....	43
XIV.	Resumen peso de tabicación.....	44
XV.	Resumen peso por relleno en losa final.....	44
XVI.	Peso de la estructura por nivel	45
XVII.	Parámetros del sismo de diseño.....	46
XVIII.	Distribución fuerzas por nivel del cortante basal.....	49
XIX.	Rigidez para marcos del eje X (nivel 1 y 2).....	53
XX.	Rigidez para marcos del eje Y (nivel 1 y 2).....	53
XXI.	Rigidez por marco – nivel 2	54
XXII.	Fuerza lateral del cortante sísmico por marco – eje X.....	57
XXIII.	Fuerza lateral del cortante sísmico por marco – eje Y	57
XXIV.	Rigidez de los elementos estructurales del marco 9.....	65

XXV.	Factores de giro del marco 9.....	66
XXVI.	Momentos de empotramiento por cargas muertas – marco 9.....	67
XXVII.	Factores de desplazamiento del marco 9.....	76
XXVIII.	Comparación de resultados, método Kani vrs Etabs	90
XXIX.	Resumen de momentos en vigas – marco 9.....	92
XXX.	Envolvente de momentos en vigas – marco 9.....	93
XXXI.	Resumen de momentos en vigas – marco H	93
XXXII.	Envolvente de momentos en vigas – marco H.....	94
XXXIII.	Resumen de momentos en columnas – marco 9.....	94
XXXIV.	Envolvente de momentos en columnas – marco 9.....	95
XXXV.	Resumen de momentos en columnas – marco H	95
XXXVI.	Envolvente de momentos en columnas – marco H.....	96
XXXVII.	Cortante último en vigas – marco 9 y H	99
XXXVIII.	Cortante último en columnas – marco 9 y H	100
XXXIX.	Área de acero y espaciamiento - momentos en losas.....	109
XL.	Área de acero requerido para momentos en viga 9 – 10	113
XLI.	Cargas axiales sin mayorar en columna 9 – H.....	134
XLII.	Resistencia nominal del nudo a cortante V_n	152
XLIII.	Unión interior marco 9 – H, información general.....	154
XLIV.	Diseño sísmico unión interior marco 9 – H, nivel 1	158
XLV.	Diseño sísmico unión exterior marco 7 – H, nivel 1	159
XLVI.	Diseño sísmico unión de esquina marco 10 – H, nivel 1	160
XLVII.	Presupuesto del proyecto Mercado Municipal.....	161
XLVIII.	Características geométricas de la carretera en estado final.....	166
XLIX.	Libreta de campo	169
L.	Coordenadas parciales y totales	170
LI.	Libreta para nivelación	172
LII.	Cotas de nivelación.....	173
LIII.	Especificaciones para curvas horizontales.....	178

LIV.	Valor de pendiente transversal o bombeo	183
LV.	Valores de peralte para distintas áreas.....	184
LVI.	Resumen del diseño de curva horizontal	189
LVII.	Valores de pendientes máxima.....	192
LVIII.	Valores del parámetro K para curvas cóncavas y convexas.....	193
LIX.	Resumen del diseño de curva vertical	199
LX.	Resultados del ensayo de granulometría.....	208
LXI.	Datos de laboratorio ensayo de Limites de Atterberg	209
LXII.	Sistema de clasificación del suelo AASHTO.....	209
LXIII.	Resultado Ensayo Proctor Modificado	210
LXIV.	Resultados del ensayo CBR	210
LXV.	Clasificación de los suelos según el índice CBR	211
LXVI.	Períodos de diseño.....	214
LXVII.	Factor de vehículo	215
LXVIII.	Números de repeticiones de ejes equivalentes	217
LXIX.	Niveles de confiabilidad para diferentes carreteras	218
LXX.	Valores de desviación estándar normal Z_R	218
LXXI.	Valores de Serviciabilidad inicial y final	219
LXXII.	Tiempos de drenaje del material de base y/o sub base.....	221
LXXIII.	Valores recomendados del factor de ajuste m.....	222
LXXIV.	Catálogo de número estructurales.....	223
LXXV.	Resumen de datos de los materiales para el diseño	231
LXXVI.	Espesores mínimos sugeridos.....	234
LXXVII.	Coeficientes de escorrentía	236
LXXVIII.	Presupuesto general proyecto de carretera.....	240
LXXIX.	Medidas de mitigación ambiental.....	241

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
V	Altura entre el lente del teodolito y el hilo medio
H	Altura longitudinal del nivel
B	Ancho efectivo en losa
b	Ancho unitario de un elemento
\emptyset	Ángulo de fricción interna
β	Ángulo vertical
A	Área
Av	Área de acero de la varilla
As	Área de acero del elemento
Asmax	Área de acero máxima en elementos
Asmin	Área de acero mínima en elementos
Ag	Área gruesa del elemento
At	Área tributaria
w	Carga distribuida
CM	Carga muerta
Pcm	Carga puntual debido a cargas muertas
Pcv	Carga puntual debido a cargas vivas
CV	Carga viva
Q	Caudal de diseño
cm	Centímetros
CM	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
Ca	Coeficiente de carga en losa para lado corto

Cb	Coeficiente de carga en losa para lado largo
Cu	Cohesión
C	Corte en volumen de material en carretera
ρ	Cuantía de acero
ρ_{max}	Cuantía de acero máxima
ρ_{min}	Cuantía de acero mínima
CM	Cuerda máxima
Δx	Diferencia horizontal entre dos puntos
Δy	Diferencia vertical
Db	Distancia de bombeo
d	Distancia de paso
DH	Distancia horizontal
EE	Ejes equivalentes
t	Espesor de la losa
e	Excentricidad
E	External
Φ	Factor de reducción
Qcm	Fuerza axial debido a cargas muertas
Qs	Fuerza axial debido a cargas sísmicas
Qcv	Fuerza axial debido a cargas vivas
Vu	Fuerza cortantes actuante mayorada
Vt	Fuerza de corte torsional
Vd	Fuerza de corte traslacional
U	Fuerza mayorada
Vm	Fuerzas laterales del cortante sísmico por marco
Hi	Hilo estadimetrico inferior
Hs	Hilo estadimetrico superior
Hm	Hilo medio
kg	Kilogramos

km	Kilómetros
KPH	Kilómetros por hora
lb	Lado mayor de una losa
la	Lado menor de una losa
LC	Longitud de cuerda
l	Luz, largo libre de un elemento de medido de eje a eje
h	Medida de la altura de un elemento
b	Medida de la base de un elemento
m	Metro
m²	Metro cuadrado, unidad de medida para áreas
m³	Metros cúbicos, unidad de medida para volumen
msnm	Metros sobre el nivel del mar
Mr	Módulo de resiliencia
M	Momento
N_{rep} EE	Número de repeticiones de ejes equivalentes
SN	Número estructural
M	Ordenada máxima
d	Peralte del elemento
bo	Perímetro crítico en una zapata
P	Perímetro de losa
n	Período de diseño
W_{mam}	Peso de la mampostería
W_{tab}	Peso de tabicaciones
W_{ven}	Peso de ventanería
γ_c	Peso específico del concreto
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PI	Punto de inflexión
PI	Punto de intersección

PIV	Punto de intersección curva vertical
PTV	Punto de tangencia vertical
R	Relleno en volumen de material en carretera
f'c	Resistencia nominal a compresión del concreto
fy	Resistencia nominal a la fluencia en el acero
Vn	Resistencia nominal al cortante
Sa	Sobreechancho
Sc	Sobrecarga
St	Subtangente
PT	Termino o finalización de la curva
T	Tonelada
TPD	Tránsito promedio diario
VP	Viga principal
VS	Viga secundaria

GLOSARIO

AASHTO	Siglas de American Association of State Highways and Transportation Officials.
ACI	Siglas de American Concrete Institute.
AGIES	Siglas de Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Altimetría	Procedimientos utilizados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de un terreno o construcción.
Axial	Relativo al eje, que conforma un eje.
Bombeo	Pendiente transversal descendente de la corona, a partir de sus ejes hacia ambos lados de la vía, en tangente horizontal.
Corona	Superficie terminada de una carretera.
Corte	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino.

Cuneta	Canal que se ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la corona, para drenar el agua que escurre por la corona.
Curva vertical	Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.
Estribo	Refuerzo transversal que absorbe los esfuerzos de corte en un elemento estructural.
Excavación	Es la operación de extraer y remover cualquier clase de material.
Iteración	Es repetir una serie de funciones hasta obtener un dato certero.
Muestra inalterada	Es aquella que conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar en donde se obtenga la muestra.
NSE	Normas de Seguridad Estructural para Guatemala.
Pendiente	Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
Rasante	Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.

Sección típica	Es la representación gráfica transversal y acotada, que muestra las partes constituyentes de una carretera.
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana.
Simetría	De iguales características o rasgos geométricos.
Tangente horizontal	Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.
Velocidad de diseño	Es la velocidad máxima a la que un vehículo puede transitar con seguridad en una carretera trazada con determinado valor.

RESUMEN

Este trabajo de graduación presenta el diseño del edificio de dos niveles para el nuevo mercado municipal y tramo carretero comprendido del casco urbano hacia la aldea Las Escobas, del municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango.

El primer proyecto descrito es el edificio y luego el tramo carretero. El esquema general para cada proyecto se inicia con una breve descripción del mismo, una investigación preliminar, estudios preliminares, los criterios de diseño, planos constructivos, presupuesto del proyecto y una evaluación ambiental inicial.

El diseño estructural del edificio se realizó contemplando normas de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica – AGIES – y del Instituto Americano de Concreto – ACI – por sus siglas en inglés. Este proyecto se propone para mejorar la condición del mercado actual y cubrir las necesidades que demandan tanto los consumidores como comerciantes.

El diseño del tramo carretero que se presenta toma en cuenta las Especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos. La carpeta de rodadura que se propone es pavimento flexible, diseñado por el método según AASHTO. Para el diseño geométrico se utilizó el software AutoCAD Civil 3D. Este proyecto responde a una primera fase, de tres, de la ruta que comunica al centro arqueológico antes conocido como Mixco Viejo, ahora Chuwa Nima'abäj, lugar de trascendencia de la cultura maya kaqchikel.

OBJETIVOS

General

Diseñar el edificio de dos niveles para el nuevo mercado municipal y el tramo carretero comprendido del casco urbano hacia la aldea Las Escobas, del municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango.

Específicos

1. Desarrollar una investigación que permita obtener un diagnóstico general del municipio de San Martín Jilotepeque.
2. Diseñar el edificio de dos niveles para el nuevo mercado municipal de acuerdo a las normas nacionales de AGIES e internacionales de ACI.
3. Diseñar el tramo carretero comprendido del casco urbano hacia la aldea Las Escobas según especificaciones de la Dirección General de Caminos y la carpeta de rodadura según método AASHTO.
4. Elaborar para ambos proyectos los planos finales, el presupuesto de ejecución y una evaluación ambiental inicial.

INTRODUCCIÓN

El presente documento surge como resultado de realizar un ejercicio profesional supervisado -EPS- que es parte del proceso de graduación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Durante el desarrollo de dicho ejercicio se realiza una investigación que permite aplicar conocimientos y técnicas adquiridas durante la carrera universitaria. Con ello se cumple el objetivo de extensión universitaria, al ayudar a proponer la solución para algunos problemas de tipo económico y social.

A partir de la primicia anterior, la propuesta del diseño del edificio de dos niveles para el nuevo mercado municipal es para mejorar las condiciones del intercambio de productos del comercio informal, que va en constante crecimiento. Se busca un espacio amplio, seguro, salubre y funcional, que permita generar beneficios para los comerciantes y consumidores. El diseño del edificio contempla tanto la parte arquitectónica como cálculo estructural y todo lo relacionado con la infraestructura civil. Se realiza un análisis estructural que da paso al diseño estructural, que a su vez es comparado con un programa de cómputo que permite realizar diseños estructurales.

En cuanto al tramo carretero comprendido del caso urbano hacia la aldea Las Escobas, se propone para que sea parte de un proyecto que permita incrementar el turismo hacia el centro arqueológico Chuwa Nima'abäj. Pero además, es una vía que comunica hacia una de las aldeas con mayor incremento económico en los últimos tiempos, como la aldea Las Escobas. Por la dimensión del proyecto, se utilizó un programa de cómputo especializado en carreteras, siempre respetando normas y especificaciones nacionales.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango

Se presenta una recopilación de las áreas consideradas más relevantes del municipio.

1.1.1. Síntesis histórica

El municipio de San Martín Jilotepeque tuvo sus antecedentes históricos en el período post-clásico. Inicialmente era conocido como Jilotepeque Viejo, lugar estratégico y de gran trascendencia para la cultura Kaqchikel. Tras enfrentamientos con españoles los habitantes fueron dominados, los cachiqueles que sobrevivieron a esta masacre huyeron y se instalaron en lo que hoy son reconocidos como aldeas. Otros se ubicaron en el actual valle, donde encontraron condiciones de terreno favorables, por estar rodeado por los cerros El Pelón, los Conejos y La Cruz.¹

“El 11 de noviembre de 1545, los españoles reconocieron el lugar bajo el nombre de San Martín Jilotepeque en honor a San Martín de Tours y le dejaron como apellido el nombre españolizado de Jilotepeque, para que quedara parte de lo que en otra época fue el nombre de Jilotepeque Viejo. La palabra Xilotl significa maíz tierno o elotes y Topetl: Cerro, es decir, Cerro de maíz tierno”².

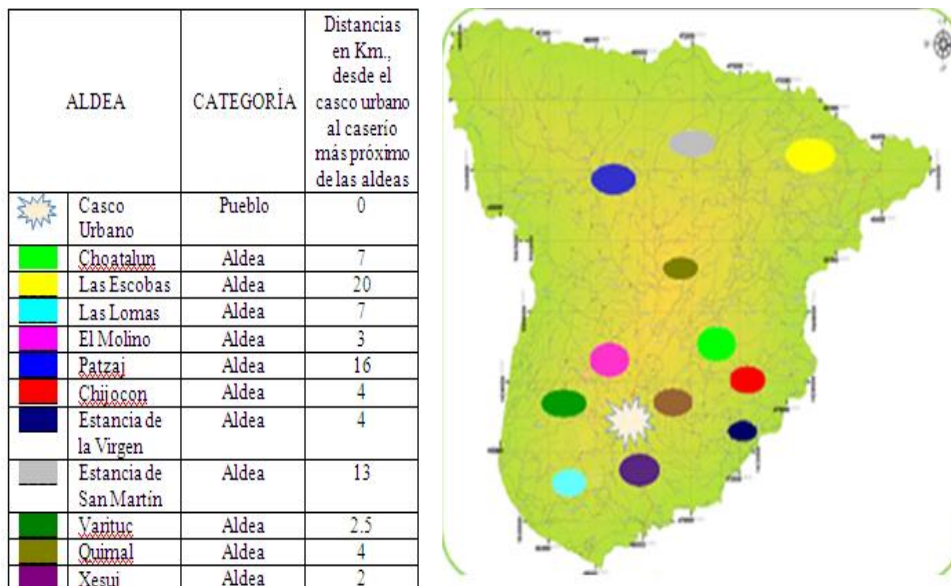
¹ SARAZÚA, Julia. *Monografía del Municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango*. p. 10.

² *Ibíd.* p.15.

1.1.2. Información general

El municipio cuenta con 12 aldeas. En el casco urbano es donde se concentra la mayor actividad comercial y donde se tiene mejor cobertura a los servicios básico.

Figura 1. Mapa del territorio municipal



Fuente: Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de San Martín Jilotepeque.

El idioma es el español y el idioma indígena predominante es el Kaqchikel.

“El 72 % de toda la población san martineca profesa la religión católica, un 23 % permanece a las sectas evangélicas y el resto practica otros cultos”³.

³ Dirección Municipal de Planificación. *Censo municipal de San Martín*. p. 20.

1.1.3. Ubicación y localización

El municipio de San Martín Jilotepeque se encuentra a 75 kilómetros de la Ciudad Capital en la parte noroeste del departamento de Chimaltenango. Dista de la cabecera departamental 21 kilómetros; la ruta pasa en terrenos montañosos, presentando grandes pendientes. Tiene una extensión territorial de 251 km², lo que lo hace el municipio más grande del departamento de Chimaltenango. Su altitud es de 1 786 msnm, latitud 14 °46 '5 " y longitud 90 °47 '35 ", según datos de la Dirección de Planificación Territorial de la municipalidad de San Martín Jilotepeque.

Figura 2. Ubicación del municipio



Fuente: Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de San Martín Jilotepeque.

1.1.4. Límites y colindancias

San Martín Jilotepeque limita al norte con Joyabaj y Pachalún Quiché; al sur con la cabecera departamental Chimaltenango y el municipio de Zaragoza Chimaltenango; al este con San Juan Sacatepéquez Guatemala y al oeste con los municipios de San Juan Comalapa y San José Poaquil Chimaltenango.

1.1.5. Clima

El clima del lugar es templado frío en la mayor parte del municipio. Sin embargo, hay regiones sobre todo en las comunidades al este en donde el clima es cálido debido al descenso de la altitud.

1.1.6. Costumbres y tradiciones

La fiesta titular se celebra del 9 al 11 de noviembre, siendo el 11 el día en que se conmemora al obispo y confesor San Martín de Tours.

Otras fiestas populares son:

- Las cofradías, que consisten en grupos de personas católicas que se asocian para rendir veneración a sus santos patronos. Son lideradas por un Mayor.
- Las posadas, que son pasajes de la biblia que señalan los ocho días previos al nacimiento de Jesús. Se lleva en procesión la imagen de San José y la Virgen María, que buscan dónde pasar la noche.

- Día de Difuntos cuando se adornan las sepulturas de los cementerios los días 1 y 2 de noviembre. Se colocan sobre las tumbas flores y pino alrededor. Hay quienes llevan güisquiles y ayotes, jocotes cocidos y aguardiente que colocan también sobre las tumbas; estos constituyen lo que se llama cabeceras.

1.1.7. Aspectos socioeconómicos

“El municipio de San Martín Jilotepeque tiene una población estimada de 79 091 habitantes, dividida porcentualmente en 49 % hombres y 51 % mujeres”⁴.

La principal fuente de empleo del municipio es la agricultura, remesas, comercios, trabajos informales y las actividades por empleos profesionales.

1.2. Aspectos de infraestructura

En cuanto la infraestructura se puede mencionar lo siguiente.

1.2.1. Rutas de acceso

Desde la ciudad capital la vía de acceso es sobre la carretera CA-1 (ruta Interamericana). La ruta que conduce de la cabecera departamental hacia San Martín Jilotepeque está asfaltada.

Además, la mayor parte de las calles dentro del área urbana están adoquinadas.

⁴ SARAZÚA, Julia. *Monografía del Municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango*. p. 25.

En otras vías de comunicación, San Martín Jilotepeque tiene acceso por medio de carretas de terracería con los siguientes municipios:

- San Juan Comalapa por dos carreteras, una que sale por el caserío Sácala Las Lomas y la otra que sale por el caserío San Bartolomé de la aldea Varituc.
- Con Joyabaj El Quiché, por una carretera que sale por el caserío Choabaj, Grande Patzaj.
- Con Pachalum en Quiché, por una carretera que sale por el caserío Chipastor de la aldea Las Escobas.

1.2.2. Servicios públicos existentes

De la información recolectada en campo se observó que el casco urbano del municipio cuenta con servicios básicos de agua potable, energía eléctrica, teléfono y hay acceso a servicio de cable e internet.

“El sector educativo está integrado por establecimientos públicos y privados, que cubren los niveles de preprimaria, primaria, básico y diversificado. Además, existe una extensión de la Facultad de Humanidades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que ofrece los servicios de algunos profesorados a nivel medio”⁵.

En el tema de salud, dentro del caso urbano se encuentra el centro de salud tipo A, una clínica municipal de salud y clínicas privadas médicas, odontológicas y medicina alternativa. Cuenta con la presencia de bomberos municipales y bomberos voluntarios.

⁵ Supervisión Educativa, *Información pública del municipio de San Martín Jilotepeque*. p. 10.

Se observó que dentro del área de comercio existe un mercado municipal, un supermercado tipo cooperativa, empresa que comercializa electrodomésticos, ferreterías, locales comerciales con diversidad de productos y comercio informal.

En cuanto a obras civiles importantes existe la terminal de buses, gimnasio municipal, casa de la cultura, biblioteca, edificio de oficinas municipales, iglesia católica, edificio de la PNC, salón municipal, casa real para la realización de eventos y estadio municipal.

También cuenta con servicio de seguridad ciudadana, servicio de tres bancos del sistema (Banrural, G&T Continental, BAM), tres gasolineras, cuatro líneas de transporte extraurbanos hacia la ciudad capital, mototaxis, rastro municipal, tres balnearios para recreación familiar y canchas deportivas tanto públicas como privadas.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del edificio de dos niveles para el nuevo mercado municipal, municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango

A continuación, se detalla todo el análisis técnico para que involucra el diseño estructural del edificio.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto se ubica en el barrio El Guite, zona 4 del municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango. Consiste en el diseño estructural del edificio con dos niveles para el nuevo mercado municipal. El terreno donde se pretende realizar el edificio está a menos de 5 minutos (en vehículo) del actual edificio del mercado. Es un terreno que cuenta con alumbrado público, área de parqueo construido con pavimento flexible, dos accesos (una para entrada y una para la salida), así como garita de seguridad, todo ello producto de un proyecto anterior sin concluir. Se espera que albergue a más de 3 500 comerciantes y una demanda de 20 000 consumidores, tanto del caso urbano como de las 12 aldeas del municipio.

“La estructura del edificio para el nuevo mercado municipal obedece a una estructura de marcos simples o sistema E1”⁶. Este sistema está integrado con marcos de columnas y vigas que soportan toda la carga vertical y, además, todas las sollicitaciones horizontales. En este tipo de sistema estructural todos los marcos están unidos entre sí por diafragmas de piso.

⁶ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural para Guatemala NSE 3, 2018*. p. 12.

Los marcos serán de concreto reforzado. “Atendiendo sus capacidades sismo-resistentes, se considera la tipología estructural como tipología DA, alta ductilidad”⁷, también llamado “pórticos especiales”⁸.

Para tener noción general de cómo trabajan los elementos estructurales en este tipo de estructura, se debe entender que las losas son los elementos horizontales que soportan las cargas actuantes en la estructura; las vigas transmiten estas cargas a las losas por medio de áreas tributarias que serán sostenidas por las columnas (elementos verticales que soportan el sistema de piso). Finalmente, las zapatas transmiten todo el peso de la estructura al suelo.

Los criterios del diseño se respaldan por: 1) Código ACI 318S-14, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y 2) Normas de Seguridad Estructural para Guatemala (NSE) AGIES 2018: NSE 1 (cap. 3), NSE 2 (cap. 2, 3, 4, 8), NSE 3 (cap. 1 y 2), NSE 7.1 (cap. 3 y 5).

El método de diseño por utilizar es el método de diseño por factores de carga y resistencia, conocido también como LRFD, por sus siglas en inglés, el cual es aplicable, según el capítulo 8 de AGIES NSE 2. Este método de diseño compara combinaciones de cargas mayoradas con valores de resistencia nominal para los componentes estructurales, el cual se reduce por un factor de confiabilidad que depende del sistema constructivo y el tipo de esfuerzo. El método permite una aproximación más selectiva a las incertidumbres de los distintos tipos de carga y los diferentes tipos de esfuerzos.

⁷ SARAÚA, Julia. *Monografía del Municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango*. p. 12.

⁸ Instituto Americano de Concreto. *ACI 318-14*. p. 280.

El método de análisis estructural es el método Kani, que se basa en aproximaciones sucesivas y toma en cuenta el desplazamiento de los nudos. Los datos obtenidos serán comparados con los resultados generados por el programa de cómputo ETABS 2016.

2.1.2. Investigación preliminar

El municipio cuenta con un mercado municipal cuya área es de 1 620 m² ubicado en la zona 1. Está construido con muros de mampostería, columnas sin refuerzo y techo de duralita soportadas por costaneras metálicas. En un sector existe una construcción de estructura metálica con techo de lámina galvanizada.

Cuenta con 200 locales y 100 puestos (construidos con madera). Los días de mercado principalmente son jueves y domingo. Debido al crecimiento del comercio para la venta de los productos se habilitan calles aledañas al mercado, espacios públicos, un salón municipal y el parqueo de la terminal de buses, lo que genera aproximadamente 1 800 puestos más de forma ambulante. Esto provoca descontrol vial, mal manejo de los desechos y falta de auditoría para pago a la municipalidad por derecho de venta. Algunos comerciantes son de las aldeas del municipio y los consumidores son personas residentes en el casco urbano y pobladores de las 12 aldeas del municipio.

Al reconocer las condiciones y problemática respecto al tema, se plantea la propuesta del diseño del edificio con dos niveles para el mercado municipal.

2.1.3. Estudios preliminares

Es necesaria la recopilación de datos técnicos previos al diseño, por medio de los estudios preliminares.

2.1.3.1. Levantamiento topográfico

La topografía que presenta el terreno es plana, por lo que se facilitó definir los mojoneros del edificio. Para ello se estableció un polígono cerrado con forma regular (rectángulo) con cuatro estaciones, cuya dimensión es de 100 m x 40 m.

- Equipo utilizado:
 - Teodolito marca South serie ET
 - Trípode
 - Brújula
 - Plomada
 - Cinta métrica de 30 m
 - Trompos y pintura (para identificar estaciones)

2.1.3.2. Análisis del estudio de suelos

En el terreno donde se pretende realizar la construcción del edificio se extrajo una muestra inalterada de suelo de 30 cm en todos sus lados (cubo), a una profundidad de 1,50 m, la cual se recubrió con parafina para conservar su estructura y humedad.

Con esta muestra se realizó el ensayo de compresión triaxial (no consolidado y no drenado) al material, para comprobar sus distintas propiedades mecánicas, específicamente para determinar los parámetros de resistencia al corte. La dimensión de la probeta utilizada para el ensayo fue de 2,5 " x 5,0 ".

En la tabla I se muestran los datos y resultados obtenidos durante el ensayo de compresión triaxial, desarrollado en la sección de mecánica de suelos del Centro de Investigación de Ingeniería (CII) de la USAC, ver anexo 4.

Tabla I. **Datos obtenidos de ensayo compresión triaxial**

Tipo de suelo:	Limo arcilloso color café		
Probeta No.	1	2	3
Presión lateral (T/m ²)	5	10	20
Desviador en rotura q (T/m ²)	15,19	19,87	32,67
Presión intersticial u (T/m ²)	x	X	X
Deformación en rotura Er (%)	2,0	3,5	6,5
Densidad seca (T/m ³)	0,90	0,90	0,90
Densidad humedad (T/m ³)	1,45	1,45	1,45
Humedad (% H)	61,66	61,66	61,66

Parámetros de corte

Ángulo de fricción interna	$\phi = 21,60^\circ$
Cohesión	$C_u = 3,18 \text{ T/m}^2$

Fuente: elaboración propia, con información de prueba de laboratorio del anexo 4.

2.1.4. Distribución arquitectónica

La arquitectura del edificio contempla la distribución de ambientes y sus respectivas alturas.

2.1.4.1. Distribución de ambientes

La nomenclatura para el edificio se establece por tres grandes módulos independientes: A, B y C.

Cada módulo está integrado por cuatro submódulos (de dos niveles) que están separados por juntas sísmicas, los cuales son nombrados como A1, A2, A3 y A4 (para el caso del módulo A) y así sucesivamente para los otros dos módulos, ver la figura 3. Los submódulos que integran los módulos A y C son simétricos estructuralmente y tienen las dimensiones de 15 m x 20 m, cada uno. Los que integran el módulo B son de 20 m x 20 m.

El criterio para determinar la separación que permite tener una junta sísmica entre los submódulos hace referencia a las Normas del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF)⁹ de México:

$$S = 2\alpha H_T$$

Donde:

- S : Espaciamiento de junta sísmica.
- α : Factor que considera las condiciones del suelo, 0,007 para suelo firme y 0,012 para suelo blando.
- H_T : Altura total del edificio, 9,5 m.

Por tanto, cada submódulo estará separado de los adyacentes:

$$S = 2 \times 0,007 \times 9,5 = 0,13 \text{ m}$$

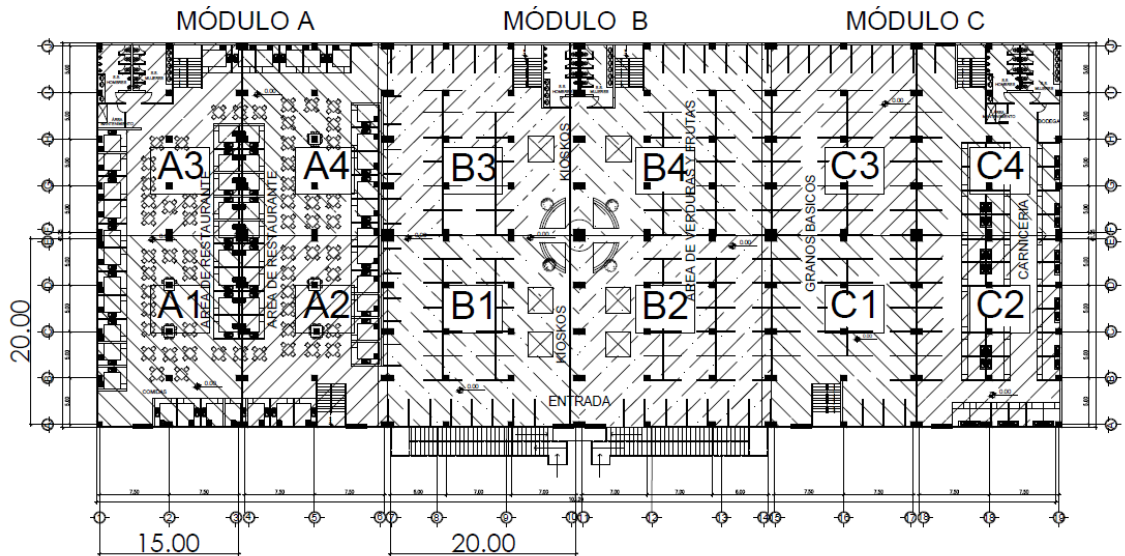
Los ambientes en cada módulo se distribuyen de la siguiente manera:

- Módulo A: este módulo alberga en el primer nivel el área semihúmeda (comedores, cocinas, tortillería, entre otros), área de servicios sanitarios y área de mantenimiento. El segundo nivel cuenta con área administrativa, área de servicios sanitarios, área de bodegas, venta de flores y artesanías.

⁹ MELI, Roberto. *Diseño sísmico de edificios*. p. 181.

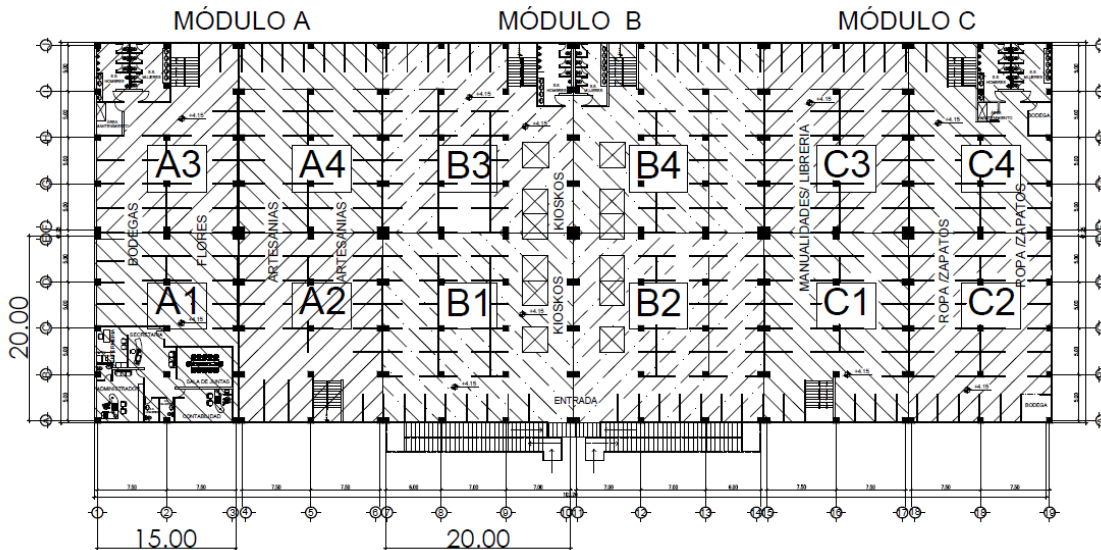
- Módulo B: en el primer nivel se encuentra el área de piso de plaza (frutas y verduras), área seca (destinadas para productos de miscelánea, granos, abarrotes, entre otros). En el segundo nivel se ubica espacios para productos varios.
- Módulo C: en el primer nivel se ubican locales de área húmeda (carnicerías, pollerías, embutidos, entre otros). El segundo nivel contiene locales de productos de librería, manualidades, ropa y zapatos.

Figura 3. **Distribución arquitectónica – Nivel 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 4. **Distribución arquitectónica – Nivel 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.4.2. **Alturas del edificio y cotas**

Para los tres módulos, A, B y C, tanto el primer nivel como el segundo nivel tendrán una altura de 4,00 m, con la salvedad de que para el análisis que se presenta posteriormente, la altura del primer nivel se considera desde el cimiento (5,50 m). Resulta entonces una altura total del edificio de 9,50 m, de cimiento hasta techo terminado.

La distribución de marcos de los submódulos que integran A y C serán tres marcos, con una luz entre ellos de 7,50 m sobre el eje X (para un total de 15 m, cada uno) y cinco marcos de 5,00 m en el eje Y (que hace un total de 20 m, cada submódulo).

Para el módulo B, habrá cuatro marcos en el sentido X con luces entre ellos de 6,00 m, 7,00 m y 7,00 m (para un total de 20 m, cada uno) y para el eje Y, tendrán cinco marcos distanciados a 5,00 m cada uno, para un total de 20 m, cada submódulo.

2.1.4.3. Sistema estructural que será utilizado en el diseño del edificio

Como se mencionó en la descripción del proyecto, el sistema estructural por utilizar para el diseño es el sistema E1. Las losas se consideran como una losa tradicional. Además, se incluye dentro de la estructura muros de mampostería, los cuales no actuarán como elementos de carga.

2.1.5. Análisis estructural

El punto de partida es el predimensionamiento de los elementos estructurales, que no es más que asignarle medidas preliminares a cada uno de ellos, para luego determinar la integración de pesos y cargas actuantes sobre los marcos de la estructura.

Al obtener los valores de las cargas sobre los marcos se procede a aplicar el método de Kani para determinar los momentos provocados por las cargas verticales (carga viva, carga muerta) y cargas horizontales (carga sísmica) actuantes¹⁰. Los resultados obtenidos son comparados con el software ETABS.

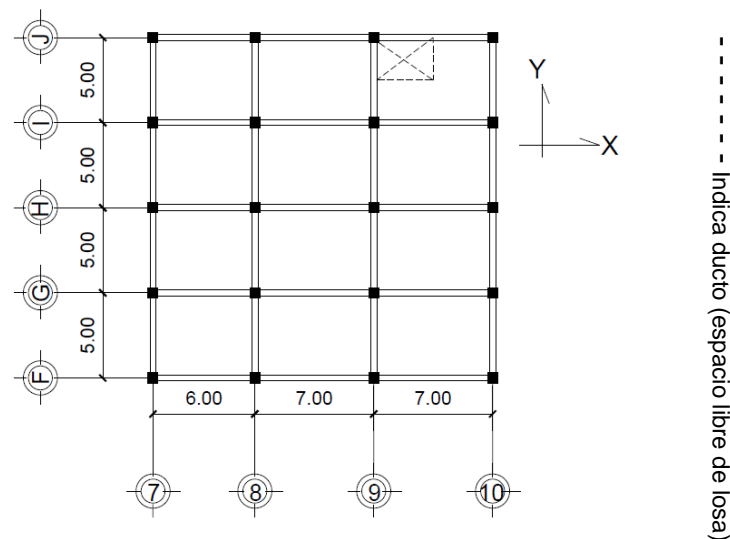
Posteriormente, se desarrolla la curva envolvente de momentos para proceder a realizar el diseño estructural.

¹⁰ KANI, Gaspar. *Cálculo de pórticos de varios pisos*. p. 3

El procedimiento descrito será presentado, en este trabajo, únicamente para el submódulo B3 del módulo B, que representa los de mayor dimensión. En él se generan las cargas y momentos más críticos. De este submódulo se analizan únicamente dos marcos, uno sobre el eje X y el otro sobre el eje Y. A partir de la selección anterior se procede a tomar las referencias necesarias para el diseño de los otros dos módulos.

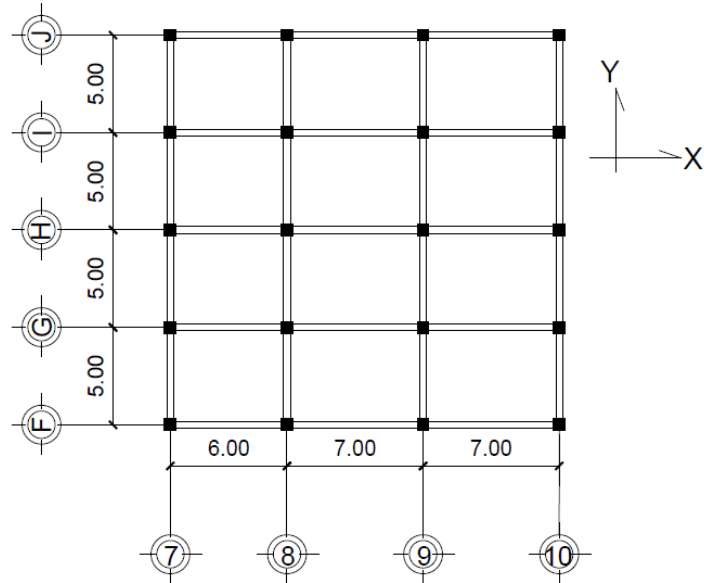
En las figuras 5 y 6 se muestra la planta correspondiente al submódulo B3, tanto el primer como el segundo nivel. Los marcos nombrados con literales son propios del eje Y y los marcos nombrados con números, corresponden al eje X. Nótese que, para el primer nivel entre los ejes 9 y 10 existe un espacio libre de losa, que corresponde al lugar donde se ubica el módulo de gradas, por lo que se genera una losa de 3,5 m x 5,0 m.

Figura 5. **Planta submódulo B3 – primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 6. **Planta submódulo B3 – segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AUTOCAD 2016.

2.1.5.1. Predimensionamiento de los elementos estructurales

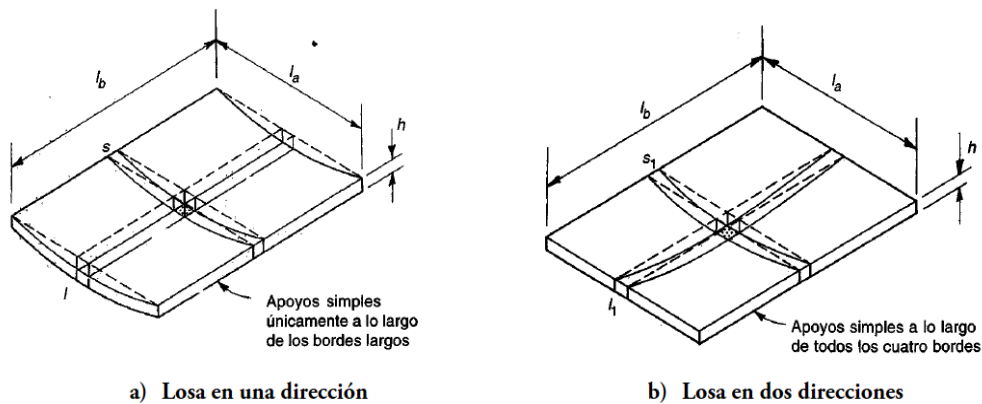
El primer paso para el diseño es determinar las dimensiones de los elementos estructurales.

2.1.5.1.1. Losa

Para determinar el comportamiento estructural de una losa es necesario entender la forma en que se transmiten las cargas que actúan en ella. Esto es, si la acción estructural de la losa transmite en mayor medida la carga en la dirección corta hacia las vigas, se establece como losa en una dirección, ver figura 7a.

Si bajo la acción de las cargas estas son transmitidas hacia direcciones paralelas y perpendiculares de las vigas, se considera una losa en dos direcciones, tal como se muestra en la figura 7b.

Figura 7. Comportamiento estructural de losa



Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 367.

Para determinar el comportamiento de una losa el reglamento ACI 318S-14 en la sección 8.10.2.3, establece que si la relación entre la luz mayor y menor de los paneles de la losa son menores a un valor de dos, se considera como una losa en dos direcciones. De lo contrario, se considera en una dirección.

Tomando en cuenta lo anterior, para el submódulo B3 tenemos dos dimensiones para las losas: 6 m x 5 m y 7 m x 5 m. Al hacer la relación de lados (β) con la losa de mayor dimensión, se tiene:

Lado menor (l_a):	5 m	
Lado mayor (l_b):	7 m	
Relación $\beta = l_b/l_a$:	$1,4 \text{ m} \leq 2 \text{ m}$	\rightarrow losa en dos sentidos

Para losas no preesforzadas con vigas entre apoyos en todos los lados que trabajan en dos sentidos, el espesor debe ser mayor o igual a 12,5 cm. Si $0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$, el espesor t ¹¹ estará dado:

$$t = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{14\,000} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

Donde:

- l_n : Luz libre en la dirección larga de la losa, 7 m.
- β : Relación de la luz larga y luz corta de la losa, 1,4 m.
- α_{fm} : Es el promedio de α_f , el cual da una relación entre la rigidez a flexión de la viga y la rigidez a flexión de la losa. α_f se calcula según 8.10.2.7 del código ACI.

Aplicando la ecuación anterior, con un valor de $\alpha_{fm} = 4,14$ (el cual se obtuvo aplicando la ecuación del numeral 8.10.27 del código, suponiendo vigas de 30 cm x 60 cm para el eje X; y 25 cm x 45 cm para el eje "Y" para el cálculo de la inercia), se obtiene:

$$t = \frac{7 \left(0,8 + \frac{4\,200}{14\,000} \right)}{36 + 5 \times 1,4(4,14 - 0,2)} = 0,121 \text{ m} \approx 0,125 \text{ m}$$

Por otro lado, aplicando el criterio que muchos proyectistas utilizan para determinar el espesor de la losa¹² se tiene:

$$t = P/180$$

¹¹ Instituto Americano de Concreto. ACI 318-14. p. 103.

¹² SICAL, Axel. *Detallado de diseño sísmico de hormigón armado con base al ACI 2005*. p. 58.

Donde:

t : Espesor de la losa.

P : Perímetro de la losa.

Si se calcula el espesor para la losa de 7 m x 5 m:

$$t = (7 + 7 + 5 + 5)/180$$

$$t = 0,13 \text{ m}$$

Se tomará el valor de 13 cm para estar sobre el valor mínimo que establece el código (0,13 m > 0,125 m). Dicho espesor se utilizará para todas las losas, tanto para el nivel 1 como para el nivel 2.

Ahora bien, hay que verificar que la losa con el espesor definido resista al corte producido por la acción de las cargas gravitacionales, únicamente por la presencia del concreto. Todo elemento sometido a corte debe diseñarse para que la resistencia nominal al cortante (V_n), afectada por un factor Φ , sea mayor o igual a la fuerza cortante actuante mayorada (V_u), es decir, $\Phi V_n \geq V_u$ ¹³.

Puesto que este análisis está bajo términos de predimensionamiento, se considera un valor de carga muerta (CM) como el producto del peso específico del concreto (2 400 kg/m³) por el espesor de la losa (0,13 m). Para la carga viva (CV), se considera un valor de 500 kg/m², correspondiente a un almacén minoritario¹⁴.

¹³ Instituto Americano de Concreto. *ACI 318-14*. p. 142.

¹⁴ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural para Guatemala NSE 2, 2018*. p. 30.

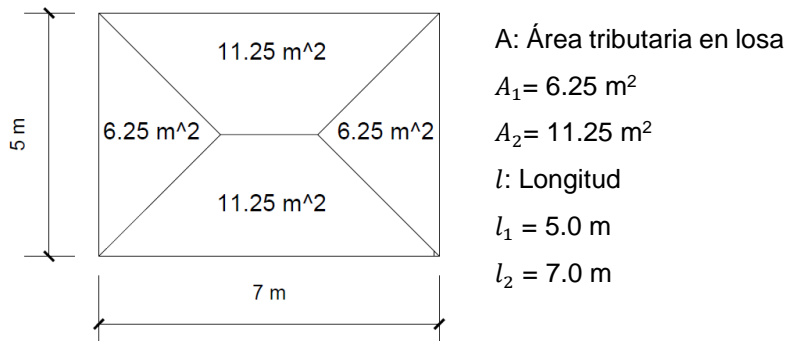
Antes de determinar V_u , se debe calcular la fuerza mayorada (U). Aplicando la ecuación CR2 del capítulo 8 de la norma NSE 2-18 tenemos que:

$$U = 1,2CM + 1,6CV$$

$$U = 1,2(2\,400\text{ kg/m}^3 \times 0,13\text{ m}) + 1,6(500\text{ kg/m}^2)$$

$$U = 1\,174,40\text{ kg/m}^2$$

Figura 8. **Área de corte inducido de losa a viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Por el principio de áreas tributarias en losas de dos direcciones¹⁵ que se presenta en la figura 8, la fuerza cortante actuante mayorada para el lado más largo ($l_2 = 7,0\text{ m}$), es:

$$V_u = (l \times U)/2$$

$$V_u = \left(7\text{ m} \times 1\,174,40\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right)/2 = 4\,110,40\text{ kg}$$

¹⁵ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 400.

Si V_n proporcionada únicamente por el concreto, según la ecuación 9.6.3.1 del código ACI 318S-14, para un ancho unitario $b = 100 \text{ cm}$, con $\Phi = 0,75$ y un peralte efectivo con 2 cm de recubrimiento, igual a: $d = 10 - 2 = 8 \text{ cm}$; es:

$$\Phi V_n = \Phi V_c = \Phi \times 0,53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$\Phi V_n = \Phi V_c = 0,75 \times 0,53 \times \sqrt{280} \times 100 \times 8 = 5\,321,16 \text{ kg}$$

Como el valor de la fuerza cortante actuante es menor que la resistencia por corte del concreto, es decir, $\Phi V_n \geq V_u$, se concluye que el espesor de 13 cm es adecuado.

Figura 9. **Espesor de losa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.5.1.2. Vigas principales

El ancho b de un elemento sometido a flexión no debe ser menor que el más pequeño de $0,3h$ y 25 cm ¹⁶; tomando en cuenta que h es la altura de la sección transversal de la viga. Para calcular el dato de la altura, se aplicará el supuesto de sistemas de viguetas que establece que la altura debe ser mayor de $h = l/12$ ¹⁷.

¹⁶ Instituto Americano de Concreto. *ACI 318-14*. p. 282.

¹⁷ *Ibíd.* p. 159.

Con lo anterior, se cumple el valor mínimo de h establecido en el numeral 9.3.1.1 del código, $h = l/16$, suponiendo que sea una viga simplemente apoyada.

Para el eje x , $l_x = 7 \text{ m}$; y en el eje y , $l_y = 5 \text{ m}$, por tanto:

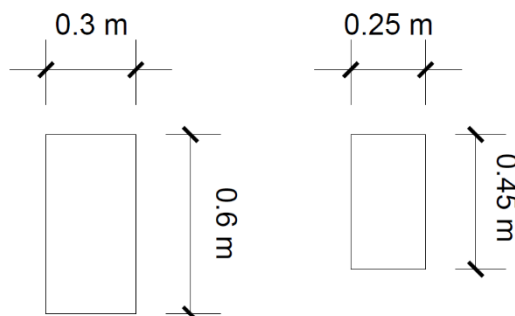
$$h_x = 7/12 = 0,58 \text{ m} \approx 0,60 \text{ m} \qquad h_y = 5/12 = 0,41 \text{ m} \approx 0,45 \text{ m}$$

“La proporción con la altura se puede considerar como dos veces el ancho b , en términos de la base quiere decir: $b = h/2$ ”¹⁸. Por consiguiente:

$$b_x = 0,60/2 = 0,30 \text{ m} \qquad b_y = 0,45/2 = 0,225 \text{ m} \approx 0,25 \text{ m}$$

Para ambos casos $b_{x,y} \geq 0,3h$ y 25 cm . Así pues, la sección transversal de las vigas principales (V.P.) en el sentido del eje X, serán de $0,6 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$; para el eje Y, $0,45 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$.

Figura 10. **Sección transversal de vigas principales (V.P.)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

¹⁸ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 62.

2.1.5.1.3. Columnas

“La altura h de la sección transversal debe ser un décimo de la luz H de la columna”¹⁹, esto es: $h = H/10$. Lo anterior debe cumplir con: a) la dimensión mínima deber ser 0,30 m, b) la relación entre base-altura de la sección transversal debe ser mayor a 0,4²⁰.

Se tomará la mayor luz, considerando que la altura del primer nivel es de 5,5 m (incluyendo el desplante de cimentación) y en el segundo nivel es de 4,0 m; por tanto, $H = 5,5$ m. Se propone que las columnas sean de sección cuadrada, entonces:

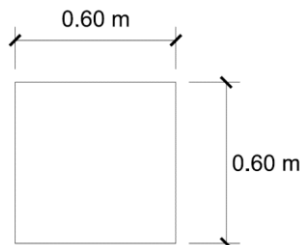
$$h = 5,5/10 = 0,55 \text{ m} \rightarrow \text{se redondeará a } 0,60 \text{ m}$$

$$h = b = 0,60 \text{ m} > 0,3 \text{ m}$$

$$\text{y, } h/b = 1 > 0,4$$

Cumple ambas condiciones indicadas en el reglamento del ACI.

Figura 11. **Sección de columnas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

¹⁹ OROZCO, Oswaldo. *Diseño de edificio de dos niveles para mercado municipal, en el municipio de Magdalena Milpas Altas, departamento de Sacatepéquez*. p. 26.

²⁰ Instituto Americano de Concreto. *ACI 318-14*. p. 297.

En la tabla II se muestra una tabla resumen del predimensionamiento de las secciones transversales de cada elemento estructural por utilizar.

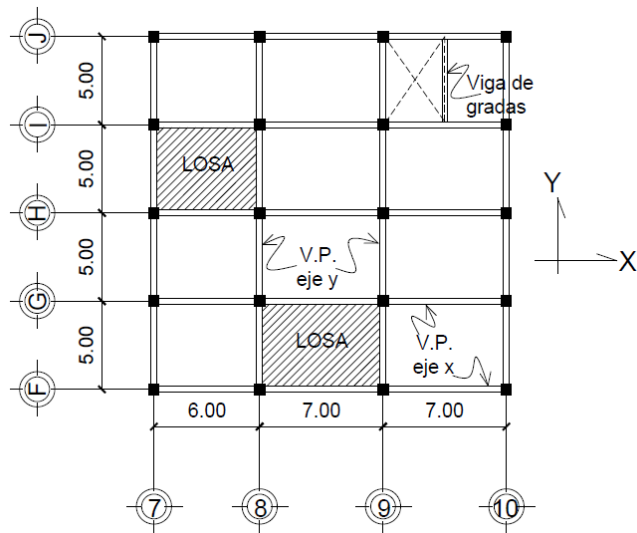
Tabla II. **Secciones por utilizar de los elementos estructurales**

Elemento	Dimensión a usar (m)	
	altura (h)	base (b)
Vigas principales (VP) en eje X	0,60	0,30
Vigas principales (VP) en eje Y	0,45	0,25
Columnas	0,60	0,60
Espesor losa	0,13	

Fuente: elaboración propia.

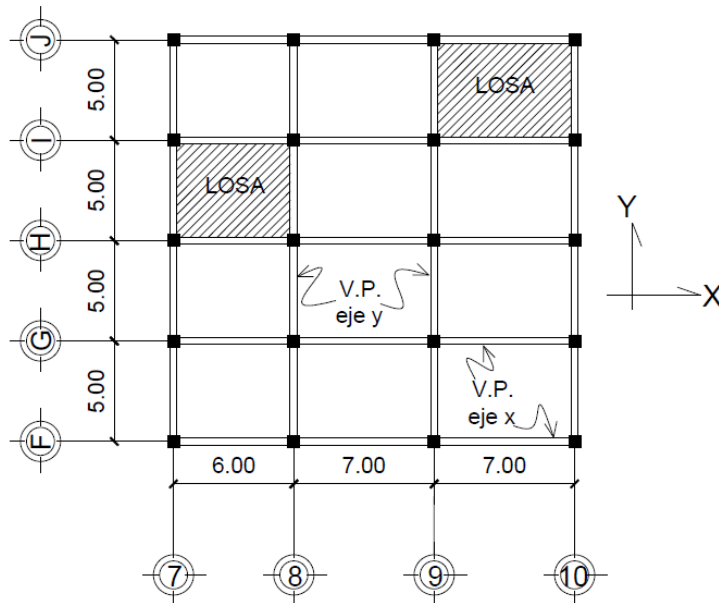
En la figura 12 y 13 se muestra la distribución de los elementos estructurales correspondiente al nivel 1 y 2, del submódulo B3.

Figura 12. **Elementos estructurales del primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 13. **Elementos estructurales del segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.5.2. Integración de cargas gravitacionales y cargas aplicadas a los marcos

La integración de las cargas gravitacionales se hace por medio del principio de áreas tributarias, que es el área de influencia de carga de un elemento estructural²¹.

En losas rectangulares, el área tributaria de dos elementos está separadas por las bisectrices de los ángulos que estos forman (45°). Por tanto, el área tributaria de la losa sobre las vigas principales, tendrán forma de trapecio en dirección al lado más largo y forma de triángulo en el sentido corto del elemento.

²¹ PAREDES, Paola. *Guía teórica y práctica del curso de diseño estructural*. p. 24.

Las cargas producidas por las áreas tributarias se distribuyen hacia las vigas ubicadas en los extremos de la losa; es decir, que la carga aplicada en cada área delimitada actuará solo en la viga colindante. Dicha carga se calcula mediante la multiplicación del valor de la carga uniformemente distribuida por el área tributaria.

El área tributaria de la losa sobre las vigas de los marcos en el eje X, está dada por la fórmula de un triángulo isósceles, donde la altura $h = 2,35 \text{ m}$ y restando anchos de vigas para la base, tenemos:

$$A = \frac{b \times h}{2} = \frac{(5 - 0,30) \times 2,35}{2} = 5,52 \text{ m}^2$$

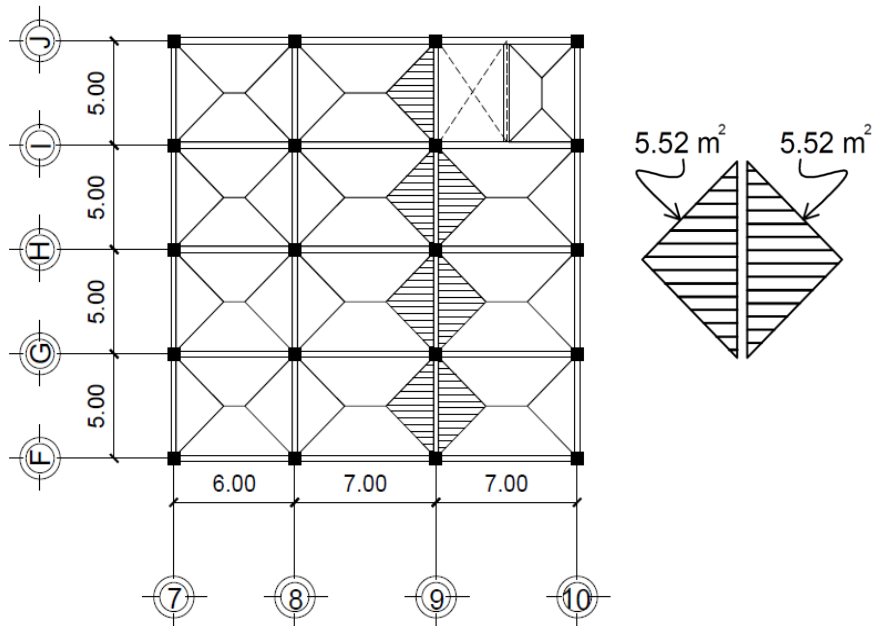
En la figura 14 se presentan asuradas las áreas tributarias que influye directamente sobre las vigas principales (VP) del marco 9. Inserto, se muestra el valor de dicha área. En el segundo nivel las áreas tributarias son iguales, con la salvedad de que se adiciona el área tributaria de la losa que está sobre el módulo de gradas, ver figura 15.

Para los marcos sobre el eje Y el área tributaria corresponde a un trapecio, por lo que el valor sobre las vigas, con $h = 2,35 \text{ m}$; $b = 2,05 \text{ m}$ y $B = 7 - 0,25$ (restando anchos de vigas) es:

$$A = h \times \frac{B + b}{2} = 2,35 \times \frac{6,75 + 2,05}{2} = 10,34 \text{ m}^2$$

La figura 15 presenta los diagramas de áreas tributarias para el marco H, en ambos niveles. Indica el área correspondiente para los dos trapecios que se forman.

Figura 14. **Áreas tributarias en el marco 9 (eje X)**



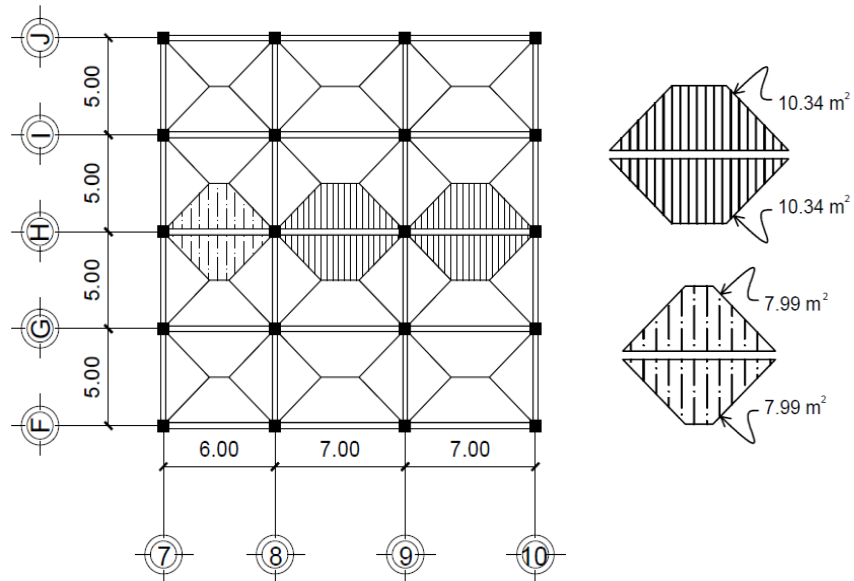
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Los valores de las cargas gravitacionales vivas obedecen a lo indicado en la norma AGIES NSE 2-18 en su tabla 3.7.1.1, que para este diseño se considera un almacén minorista y una azotea sin acceso.

- Carga viva
 - Para almacén minorista (W_{CV}) 500,00 kg/m²
 - Para azotea sin acceso (W_{VTE}) 100,00 kg/m²

Los valores para ventanería y relleno concreto pómez están dados en la tabla B-1 del anexo B de la NSE 2-18. El valor de la tabicación se estableció según 2.4.3 de la misma norma, el cual se considerará como sobrecarga más adelante.

Figura 15. Áreas tributarias en el marco H (eje Y)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Carga muerta
 - Peso específico del concreto (γ_c) 2 400,00 kg/m³
 - Peso de mampostería (W_{MAM}) 1 500,00 kg/m³
 - Peso de ventanería (W_{VEN}) 38,00 kg/m²
 - Tabicaciones (W_{TAB}) 175,00 kg/m²
 - Relleno concreto pómez 60 mm (Sc) 102,00 kg/m²

En el presente documento únicamente se detalla el procedimiento de integración de cargas para los marcos 9 y H, correspondientes al eje X y eje Y, respectivamente, por considerar que son los marcos donde se presentan las mayores fuerzas. Como se puede observar de la gráfica 13, los ejes en el sentido Y son simétricos, por lo que el procedimiento de integración es igual para todos esos marcos.

Las cargas muertas que actúan sobre las vigas de los marcos 9 y H en el primer nivel, son: 1) el peso propio de la losa, 2) peso propio de viga principal, y 3) tabicaciones. Para el segundo nivel se incluye además de las involucradas en el primer nivel el relleno de nivelación (sobrecarga). Se omiten las cargas producidas por muros de mampostería y ventanería, ya que únicamente actúan en los ejes colindantes, es decir, ejes A, J, 1 y 19, correspondientes a otros submódulos.

Tabla III. **Cargas muertas para diseño – Marco 9 y H**

Descripción	Ecuación	Carga
Peso propio de la losa	$w_{losa} = 0,13m \times 2\,400\text{ kg/m}^3$	312 kg/m^2
Peso propio de viga principal en X	$w_{VPx} = 0,60m \times 0,30m \times 2\,400\text{ kg/m}^3$	432 kg/m
Peso propio de viga principal en Y	$w_{VPy} = 0,45m \times 0,35m \times 2\,400\text{ kg/m}^3$	270 kg/m
Tabicaciones	$w_{TAB} = 175\text{ kg/m}^2$	175 kg/m^2
Relleno de nivelación	$w_{SC} = 102\text{ kg/m}^2$	102 kg/m^2

Fuente: elaboración propia.

Por simplicidad, se nombrará como w_{cm} a la sumatoria de la carga debido a la losa (w_{losa}) y tabicación (w_{TAB}), es decir:

$$w_{cm} = 312\text{ kg/m}^2 + 175\text{ kg/m}^2 = 487\text{ kg/m}^2$$

Tabla IV. **Cargas vivas de diseño – Marco 9 y H**

Descripción	Ecuación	Carga
Carga viva primer nivel	$w_{CV} = 500 \text{ kg/m}^2$	500 kg/m^2
Carga viva segundo nivel	$w_{VTE} = 100 \text{ kg/m}^2$	100 kg/m^2

Fuente: elaboración propia.

Según el método de áreas tributarias, los valores de las cargas de los elementos estructurales por unidad de superficie (Ton/m^2) se deben convertir en carga por unidad lineal (Ton/m) utilizando la siguiente expresión:

$$W_i = (w_i \times A_T)/L$$

Donde:

- W_i : Carga distribuida por unidad lineal en la viga, Ton/m
- w_i : Carga uniformemente distribuida, en Ton/m^2
- A_T : Área tributaria total de losas, en m^2
- L : Longitud de la viga analizada, en m

- Ejemplo: Integración de cargas en marco 9 para el primer nivel.

Si sobre la viga principal en Y, cuya luz es $L = 5 \text{ m}$, tributan dos segmentos de área de la losa de $5,52 \text{ m}^2$ cada una, entonces:

$$A_T = 2 \times 5,52 \text{ m}^2 = 11,04 \text{ m}^2$$

Tomando en cuenta que la carga uniformemente distribuida w_{cm} es 487 kg/m^2 , la carga distribuida por unidad lineal es:

$$W_{CM} = (487 \text{ kg/m}^2 \times 11,04 \text{ m}^2)/5\text{m} = 1\,075,29 \text{ kg/m} = 1,075 \text{ ton/m}$$

La carga total, CM , sobre la viga F – G por carga muerta corresponde a la suma algebraica $W_{CM} + w_{VPy}$. Si $w_{VPy} = 0,270 \text{ Ton/m}$, que se obtiene es:

$$CM = 1,075 \text{ Ton/m} + 0,270 \text{ Ton/m} = 1,345 \text{ Ton/m}$$

Mientras tanto, si la carga viva del primer nivel es: $w_{CV} = 0,5 \text{ Ton/m}^2$, la carga total por unidad lineal, CV , en la viga F – G es:

$$CV = (0,5 \text{ Ton/m}^2 \times 11,04 \text{ m}^2)/5\text{m} = 1,10 \text{ Ton/m}$$

El procedimiento para el segundo nivel es similar al anterior. El valor de la carga w_{cm} es la sumatoria del peso propio de la losa más la sobrecarga $w_{SC} = 102 \text{ kg/m}^2$:

$$w_{cm} = 312 \text{ kg/m}^2 + 102 \text{ kg/m}^2 = 414 \text{ kg/m}^2$$

La carga distribuida por unidad lineal es:

$$W_{CM} = (414 \text{ kg/m}^2 \times 11,04 \text{ m}^2)/5\text{m} = 914,11 \text{ kg/m} = 0,914 \text{ ton/m}$$

La carga total, CM , sobre la viga F – G en el segundo nivel es:

$$CM = 0,914 \text{ Ton/m} + 0,270 \text{ Ton/m} = 1,184 \text{ Ton/m}$$

De la tabla IV, la carga viva es: $w_{VTE} = 0,1 \text{ Ton/m}^2$. Por lo que CV para la viga F – G es:

$$CV = (0,1 \text{ Ton}/m^2 \times 11,04 \text{ m}^2) / 5m = 0,221 \text{ Ton}/m$$

El procedimiento de cálculo para los demás marcos es igual al descrito anteriormente. La nomenclatura adoptada para el nombre de cada viga (vano) viene dada por los dos ejes que la delimitan. En las tablas siguientes se detalla la integración de cargas muertas y vivas, para ambos niveles. Se presenta inicialmente el detalle del marco 9 y su respectivo diagrama de cargas, luego el marco H.

Tabla V. Cargas muertas distribuidas – Marco 9 (eje X)

MARCO 9 - NIVEL 1				
	Tramo F – G	Tramo G – H	Tramo H - I	Tramo I - J
	Viga principal VP_y (0.45 m x 0.25 m)			
L_{VPy}	5 m	5 m	5 m	5 m
A_T	11,04 m ²	11,04 m ²	11,04 m ²	5,52 m ²
w_{losa}	312 kg/m ²	312 kg/m ²	312 kg/m ²	312 kg/m ²
w_{TAB}	175 kg/m ²	175 kg/m ²	175 kg/m ²	175 kg/m ²
W_{CM}	1 075,29 kg/m	1 075,29 kg/m	1 075,29 kg/m	537,64 kg/m
w_{VPy}	270 kg/m	270 kg/m	270 kg/m	270 kg/m
CM	1,345 Ton/m	1,345 Ton/m	1,345 Ton/m	0,808 Ton/m

MARCO 9 - NIVEL 2				
	Tramo F – G	Tramo G – H	Tramo H - I	Tramo I - J
	Viga principal VP_y (0.45 m x 0.25 m)			
L_{VPy}	5 m	5 m	5 m	5 m
A_T	11,04 m ²	11,04 m ²	11,04 m ²	11,04 m ²
w_{losa}	312 kg/m ²	312 kg/m ²	312 kg/m ²	312 kg/m ²
w_{SC}	102 kg/m ²	102 kg/m ²	102 kg/m ²	102 kg/m ²
W_{CM}	914,11 kg/m	914,11 kg/m	914,11 kg/m	914,11 kg/m
w_{VPy}	270 kg/m	270 kg/m	270 kg/m	270 kg/m
CM	1,184 Ton/m	1,184 Ton/m	1,184 Ton/m	1,184 Ton/m

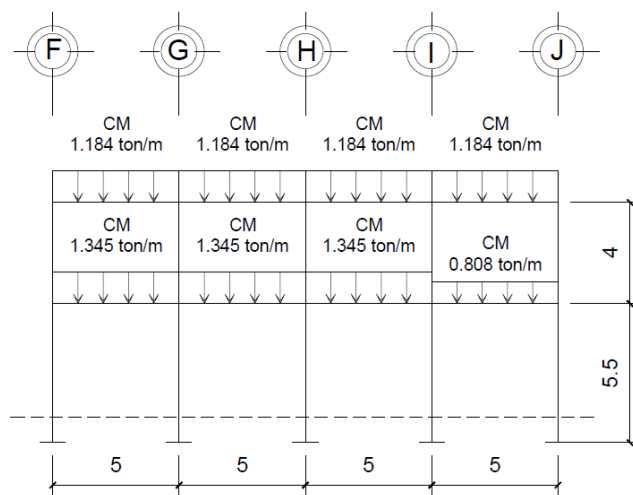
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Cargas vivas distribuidas – Marco 9 (eje X)

MARCO 9 - NIVEL 1				
	Tramo F – G	Tramo G – H	Tramo H – I	Tramo I - J
Viga principal VP_y (0.45 m x 0.25 m)				
L_{VPy}	5 m	5 m	5 m	5 m
A_T	11,04 m ²	11,04 m ²	11,04 m ²	5,52 m ²
w_{CV}	500 kg/m ²	500 kg/m ²	500 kg/m ²	500 kg/m ²
CV	1,104 Ton/m	1,104 Ton/m	1,104 Ton/m	0,552 Ton/m
MARCO 9 - NIVEL 2				
	Tramo F – G	Tramo G – H	Tramo H – I	Tramo I - J
Viga principal VP_y (0.45 m x 0.25 m)				
L_{VPy}	5 m	5 m	5 m	5 m
A_T	11,04 m ²	11,04 m ²	11,04 m ²	11,04 m ²
w_{CV}	100 kg/m ²	100 kg/m ²	100 kg/m ²	100 kg/m ²
CV	0,221 Ton/m	0,221 Ton/m	0,221 Ton/m	0,221 Ton/m

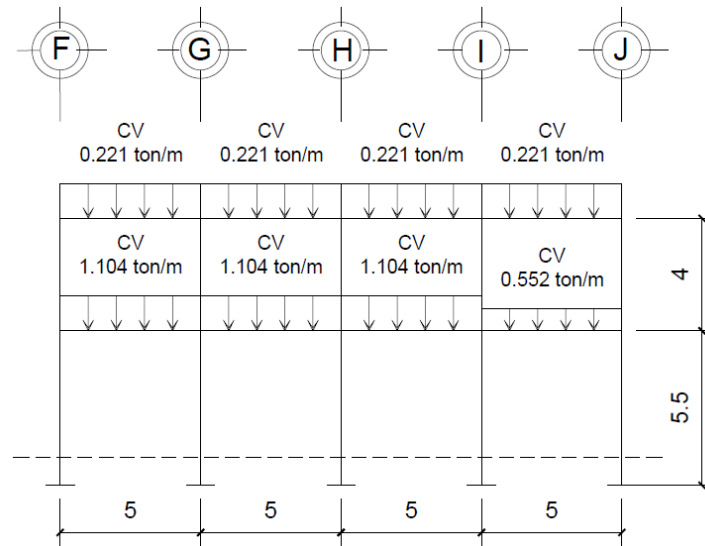
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Diagrama de carga muerta – marco 9 (eje X)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 17. Diagrama de carga viva – marco 9 (eje X)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla VII. Cargas muertas distribuidas – marco H (eje X)

MARCO H – NIVEL 1			
	Tramo 7 – 8	Tramo 8 – 9	Tramo 9 - 10
Viga principal VP_x (0,60 m x 0,30 m)			
L_{VPy}	6 m	7 m	7 m
A_T	15,98 m ²	20,68 m ²	20,68 m ²
w_{losa}	312 kg/m ²	312 kg/m ²	312 kg/m ²
w_{SC}	175 kg/m ²	175 kg/m ²	175 kg/m ²
W_{CM}	1 297,04 kg/m	1 438,74 kg/m	1 438,74 kg/m
w_{VPy}	432 kg/m	432 kg/m	432 kg/m
CM	1,729 Ton/m	1,871 Ton/m	1,871 Ton/m

Continuación tabla VII.

MARCO H – NIVEL 2			
	Tramo 7 – 8	Tramo 8 – 9	Tramo 9 – 10
	Viga principal VP_x (0,60 m x 0,30 m)		
L_{VPy}	6 m	7 m	7 m
A_T	15,98 m ²	20,68 m ²	20,68 m ²
w_{losa}	312 kg/m ²	312 kg/m ²	312 kg/m ²
w_{SC}	102 kg/m ²	102 kg/m ²	102 kg/m ²
W_{CM}	1 102,62 kg/m	1 223,07 kg/m	1 223,07 kg/m
w_{VPy}	432 kg/m	432 kg/m	432 kg/m
CM	1,535 Ton/m	1,655 Ton/m	1,655 Ton/m

Fuente: elaboración propia.

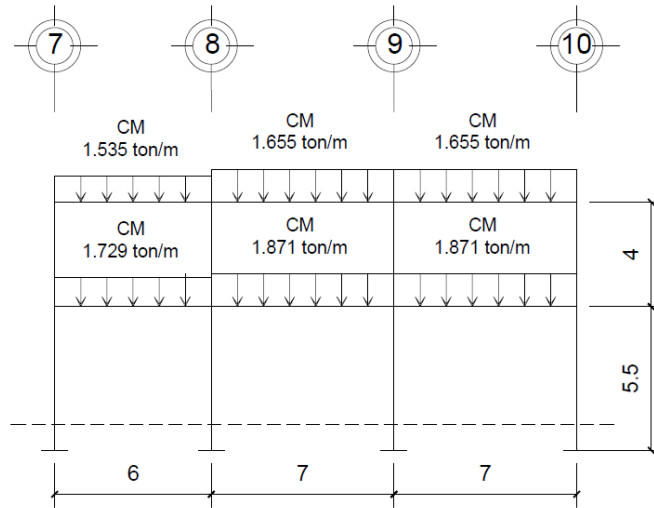
Tabla VIII. **Cargas vivas distribuidas – marco H (eje Y)**

MARCO H – NIVEL 1			
	Tramo 7 – 8	Tramo 8 – 9	Tramo 9 – 10
	Viga principal VP_x (0,60 m x 0,30 m)		
L_{VPx}	6 m	7 m	7 m
A_T	15,98 m ²	20,68 m ²	20,68 m ²
w_{CV}	500 kg/m ²	500 kg/m ²	500 kg/m ²
CV	1,332 Ton/m	1,477 Ton/m	1,477 Ton/m

MARCO H – NIVEL 2			
	Tramo 7 – 8	Tramo 8 – 9	Tramo 9 - 10
	Viga principal VP_x (0,60 m x 0,30 m)		
L_{VPx}	6 m	7 m	7 m
A_T	15,98 m ²	20,68 m ²	20,68 m ²
w_{CV}	100 kg/m ²	100 kg/m ²	100 kg/m ²
CV	0,266 Ton/m	0,295 Ton/m	0,295 Ton/m

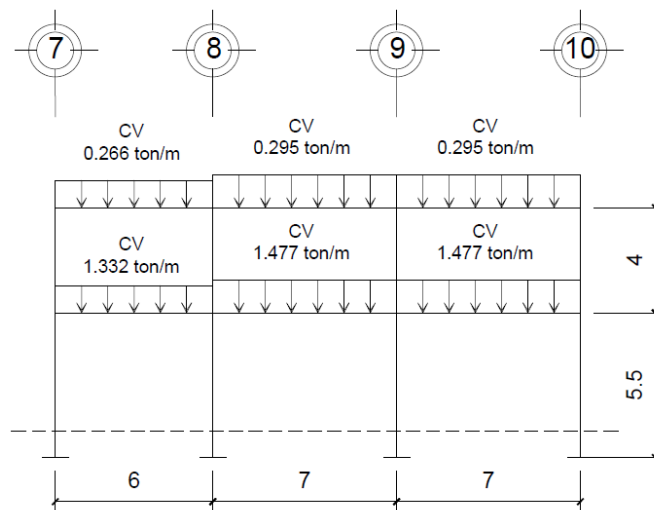
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama de carga muerta – Marco H (eje Y)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 19. Diagrama de carga viva – marco H (eje Y)



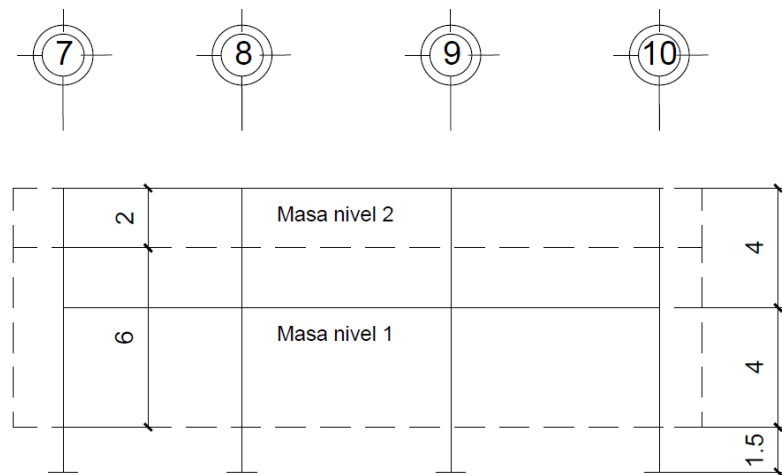
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.5.3. Integración de peso estructural

La integración del peso estructural requiere el supuesto de concentrar las masas en los niveles de cada losa. Es decir, que a las cargas de los elementos que conectan un piso a otro se asignará a cada losa la masa que se encuentra en su altura tributaria. En el caso del último piso, “debe asignarse la mitad del peso de muros en un entrepiso y, en el primer nivel, el peso completo de un entrepiso de muros más la mitad del nivel superior”.²²

En la figura 20 se presenta gráficamente lo antes mencionado.

Figura 20. **Concentración de masas por nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

²² MELI, Roberto. *Diseño estructural*. p. 473.

Para integrar el peso de cada elemento estructural $Wt_{elemento}$ (columnas, vigas, losas) se emplea la siguiente ecuación, que no es más que una relación de volumen, cantidad de elementos y peso específico del concreto:

$$Wt_{elemento} = cant. de elementos \times l \times b \times h \times \gamma$$

Donde:

- l : longitud que cubre el elemento (m)
- b : base de la sección transversal, o ancho a cubrir (m)
- h : altura de la sección trasversal del elemento, o espesor (m)
- γ : peso específico del material (kg/m³)

De la figura 12 se observa que existen diez vigas principales de 0,60 m x 0,30 m con una luz de 7 m y cinco con las mismas dimensiones, pero con una luz de 6m. La cantidad de vigas de 0,45 m x 0,25 m son 16. Con esta información y aplicando la ecuación anterior se construye la tabla IX, que en su última columna presenta el valor del peso total del elemento $Wt_{elemento}$ en toneladas.

Tabla IX. **Resumen peso de vigas**

Elemento	Cantidad	l (m)	b (m)	h (m)	γ_c	$Wt_{elemento}$ (Ton)
Nivel 1 y Nivel 2						
VPx (0,60 x 0,30)	10	7	0,30	0,60	2 400	30,24
VPy (0,45 x 0,25)	16	5	0,25	0,45	2 400	21,60
VPx (0,60 x 0,30)	5	6	0,30	0,60	2 400	12,96
Peso de todas las vigas $\Sigma =$						64,80 Ton

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 20, la altura l del primer nivel es de 6 m y para el segundo nivel corresponde a 2 m.

Tabla X. **Resumen peso de columnas**

Elemento	Cantidad	<i>l</i> (m)	<i>b</i> (m)	<i>h</i> (m)	Γ_c	$W_{t_{elemento}}$ (Ton)
Nivel 1						
Columna (0,60 x 0,60)	20	6	0,6	0,6	2 400	103,68
Nivel 2						
Columna (0,60 x 0,60)	20	2	0,6	0,6	2 400	34,56

Fuente: elaboración propia.

Con respecto lo presentado en las figuras 12 y 13, vemos que existen ocho losas de 7 m x 5 m (el espacio libre de gradas, se considera como losa llena para esta integración) y cuatro losas de 6 m x 5 m, todas con un espesor de 0,13 m. En la tabla XI se muestra el peso de las losas, que será el mismo para ambos niveles.

Tabla XI. **Resumen peso de losa**

Elemento	Cantidad	<i>l</i> (m)	<i>b</i> (m)	<i>h</i> (m)	Γ_c	$W_{t_{elemento}}$ (Ton)
Nivel 1 y Nivel 2						
Losa (7m x 5m)	8	7	5	0,13	2 400	87,36
Losa (6m x 5m)	4	6	5	0,13	2 400	37,44
Peso de todas las losas $\Sigma =$						124,80 Ton

Fuente: elaboración propia.

Como ya se mencionó, el diseño únicamente contempla que en los ejes colindantes actuarán fuerzas provocadas por muros y ventanería; tal es el caso del eje J. Sin embargo, para el análisis del peso de la estructura, se considera que en todo el perímetro del submódulo B3 actuarán dichas cargas. De tal forma que se considera 80 metros lineales de muros (perímetro: 20 m x 4 lados). La altura se analiza de la misma forma que para las columnas.

Tabla XII. Resumen peso de muros

Elemento	MI	H (m)	espesor (m)	W_{MAM} (kg/ m ³)	$W_{t_{elemento}}$ (Ton)
Nivel 1					
Muro block 0,15 m	80	6	0,15	1 500	108
Nivel 2					
Muro block 0,15 m	80	2	0,15	1 500	36

Fuente: elaboración propia.

De ventanas se consideran una por cada espacio entre eje y eje. Como son 14 vanos en todo el perímetro del submódulo y considerando una ventana de 2,50 m, tenemos 35 m, tal como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla XIII. Resumen peso de ventanería

Elemento	MI	H (m)	W_{VEN} (kg /m ²)	$W_{t_{elemento}}$ (Ton)
Nivel 1 y Nivel 2				
Ventanas (2,30 x 2,5)	35	2,3	38	3,06

Fuente: elaboración propia.

Las paredes de los locales serán de muros tabiques (espesor 0,10 m), por lo que se distribuye esta carga en la totalidad de las losas del primer nivel. Ver tabla XIV.

Tabla XIV. Resumen peso de tabicación

Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	W_{TAB} (kg/m ²)	$W_{t_{elemento}}$ (Ton)
Nivel 1				
Tabicaciones	20	20	175	70

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se considera un relleno de nivelación, comúnmente conocido como mezción, para la losa final que se distribuye en los 400 m² del submódulo B3, de allí la tabla XIV.

Tabla XV. Resumen peso por relleno en losa final

Elemento	Largo (m)	Ancho (m)	W_{TAB} (kg/m ²)	$W_{t_{elemento}}$ (Ton)
Nivel 2				
Relleno de nivelación	20	20	102	40,8

Fuente: elaboración propia.

Es necesario determinar la carga viva en toda la estructura (400 m²). Se considera el 25 % del valor total de la carga viva de diseño²³. Por lo que para el primer nivel la carga viga es 50 Ton y 10 Ton para el segundo, ver tabla IV.

Al integrar todos los pesos de cada elemento estructural más la carga viva, se construye la tabla XVI (valores en toneladas), lo que da un peso total de la estructura equivalente a:

$$W_s = 838,36 \text{ Ton}$$

²³ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural para Guatemala NSE 3, 2018*. p. 41.

Tabla XVI. **Peso de la estructura por nivel**

Nivel	Viga	Columna	Losa	Muro	Ventanería	Tabicación/ SC	CV (25%)	Peso por nivel (Ton)
Nivel 1	64,8	103,68	124,8	108	3,06	70	50	524,34
Nivel 2	64,8	34,56	124,8	36	3,06	40,8	10	314,02
Peso total de estructura Ws (Ton)								838,36

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.4. **Cálculo de corte basal, método de AGIES**

Además de las fuerzas gravitacionales, por ser Guatemala un país con movimientos sísmicos se debe considerar la fuerza horizontal sísmica. El análisis sísmico que se emplea es el método de la carga sísmica estática equivalente. Este método “permite que las condiciones sísmicas sean modeladas como fuerzas estáticas horizontales aplicadas externamente a lo alto y ancho del edificio”²⁴. Involucra un espectro de respuesta sísmica (espectro de diseño), el peso total de la estructura, el sistema y configuración estructural, y un período de vibración.

Los parámetros generales del diseño por carga sísmica se obtienen del capítulo 4 de las especificaciones de AGIES NSE 2-18. En la tabla XVII se presentan únicamente los utilizados para este diseño, ubicado en San Martín Jilotepeque, Chimaltenango.

²⁴ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural para Guatemala NSE 3, 2018*. p. 44.

Tabla XVII. **Parámetros del sismo de diseño**

Descripción del parámetro	Valor	Referencia NSE-2018
Índice de sismicidad I_0	4,2	NSE 2-18, inciso 4.2
Categoría ocupacional	Categoría III - Importante	NSE 3-18, inciso 3.1
Nivel de protección sísmica NPS	D	NSE 2-18, inciso 4.2.2
Tipo de sismo	Sismo severo	NSE 2-18, inciso 4.4.2
Ordenada espectral de período corto S_{cr}	1,50	NSE 2-18, inciso 4.5
Ordena espectral con período de 1 segundo S_{1r}	0,55	NSE 2-18, inciso 4.5
Factor de escala K_d	0,80	NSE 2-18, inciso 4.5.5
Clase del sitio	D	NSE 2-18, inciso 4.3
Coefficiente de sitio período corto F_a	1,0	NSE 2-18, tabla 4.5-1
Coefficiente de sitio período largo F_v	1,7	NSE 2-18, tabla 4.5-2
Tipo de fuente sísmica	B	NSE 2-18, tabla 4.6.2-1
Factor de proximidad de falla período corto N_a	1,0	NSE 2-18, tabla 4.6.2-2
Factor de proximidad de falla período largo N_v	1,1	NSE 2-18, tabla 4.6.2-3

Fuente: elaboración propia, con información de AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala. Guatemala.*

La fuerza de reacción del suelo, debido al sismo que actúa sobre la base de la edificación, en cada dirección de análisis (en este caso en direcciones X y Y) se representa por medio del Cortante Basal V_B . Se calcula según la ecuación 2.1.2-1 presentada en el inciso 2.1.2 de la NSE 3-18.

$$V_B = C_s W_s$$

Donde:

W_s : Peso total de la estructura. En este caso: 838,36 Ton.

C_s : Coeficiente sísmico de diseño

El coeficiente sísmico C_s se obtiene de la ecuación 2.1.3-1, de NSE 3-18:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R}$$

Donde:

$S_a(T)$: Demanda sísmica de diseño con período T, calibrado por un factor de escala kd.

R : Factor de reducción de respuesta sísmica, se utiliza 8 por ser un sistema estructural tipo E1, tipología DA según la sección 1.6.2 de la norma NSE 3-18.

T_a : Período fundamental de vibración de la estructura.

El periodo fundamental de vibración y el valor de sus variables se estima según la sección 2.1.6 de la NSE 3-18:

$$T_a = K_T(h_n)^x$$

Donde:

h_n : Altura total del edificio. En este caso son 9,5 m.

K_T : Igual a 0,047 para sistemas estructurales E1.

x : 0,90 para sistemas estructurales E1.

- Cálculo: procedimiento de cálculo del cortante basal (V_B). Para el cálculo se utilizan los valores respectivos de la tabla XVII y ciertas ecuaciones de la norma AGIES NSE 2-18. Por los objetivos del presente, no se describe con detalle cada uno de los factores, únicamente se presenta la ecuación y su debido resultado. Si se desea indagar más, remitirse a la norma.
- Ajuste por intensidades sísmicas especiales tomado de la ecuación 4.5.2-1, norma NSE 2-18:

$$S_{cs} = S_{cr} \times Fa \times Na = 1,50 \times 1 \times 1 = 1,5$$

$$S_{1s} = S_{1r} \times Fv \times Nv = 0,55 \times 1,7 \times 1,1 = 1,03$$

- Período de transición T_S (ecuación 4.5.4-1, norma NSE 2-18):

$$T_S = \frac{S_{1s}}{S_{cs}} = \frac{1,03}{1,5} = 0,69 \text{ s}$$

- Período fundamental de vibración T_a :

$$T_a = 0,047(9,5)^{0,90} = 0,36 \text{ s}$$

- Sismo de diseño (ecuación 4.5.5-1, norma NSE 2-18):
 - Espectro calibrado al nivel de diseño

$$S_{cd} = kd \times S_{cs} = 0,80 \times 1,5 = 1,2$$

$$S_{1d} = kd \times S_{1s} = 0,80 \times 1,03 = 0,82$$

- Demanda sísmica de diseño $S_a(T)$

La ecuación para calcular la demanda sísmica de diseño depende de la relación de los períodos T_a y T_S . Como $T_a \leq T_S$, la norma NSE 2-18 indica que se debe utilizar la ecuación 4.5.6-1. Por tanto:

$$S_a(T) = S_{cd} = 1,2$$

- Por tanto, el coeficiente sísmico C_s , es entonces:

$$C_s = \frac{1,2}{8} = 0,15$$

- Finalmente, el cortante basal V_B es:

$$V_B = 0,15 \times 838,36 \text{ Ton} = 125,75 \text{ Ton}$$

2.1.5.4.1. Cálculo de fuerzas por nivel

Según lo establece el numeral 2.2.1 de la NSE 3-18, el cortante basal se distribuye de forma vertical a lo alto del edificio de acuerdo con:

$$F_i = V_B \frac{w_i \times h_i^k}{\sum(w_i \times h_i^k)}$$

Donde:

- F_i : Fuerza del cortante basal en el nivel “i”
- k : Igual a 1, para $T \leq 0,5$ segundos, como nuestro caso
- w_i : Peso de la edificación por nivel, ver tabla XVI.
- h_i : Altura del nivel analizado desde la base

Aplicando la ecuación anterior, se presentan las fuerzas distribuidas por nivel del cortante basal en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Distribución fuerzas por nivel del cortante basal

Nivel	V_B (Ton)	w_i (Ton)	h_i^k (m)	$w_i \times h_i$ (Ton-m)	F_i (Ton)
Nivel 1	125,75	524,34	5,5	2 883,87	61,81
Nivel 2	125,75	314,02	9,5	2 983,19	63,94
Sumatoria Σ :				5 867,06	

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.4.2. Determinación de centro de masa

El centro de masa es “el punto en el cual se puede establecer que en él se ejerce toda la concentración de la masa de la estructura”²⁵.

Para este caso, ya que la planta del edificio es simétrica, se supondrá que el peso está uniformemente distribuido en toda la planta, de tal manera que el centro de masa CM coincide con el centro geométrico de la planta, que por tener forma rectangular se calcula como:

$$CM_x = \frac{Largo}{2} \quad y \quad CM_y = \frac{Ancho}{2}$$

Donde:

CM_x, CM_y : Coordenadas del centro de masa en el eje X y Y, respectivamente.

Ya que el submódulo B3 tiene dimensiones en largo y ancho de 20 m x 20 m, la coordenada del CM es: $X = 10$ m y en $Y = 10$ m.

2.1.5.4.3. Determinación de centro de rigidez

Para determinar el centro de rigidez CR en ambos ejes se utiliza la expresión²⁶ siguiente:

²⁵ RILEY, William. *Ingeniería mecánica*. p. 151.

²⁶ MELI, Roberto. *Diseño estructural*. p. 458.

$$CR_{x,y} = \frac{\sum(R_m \times d_o)}{\sum R_m}$$

Donde:

- R_m : Rigidez del marco analizado. Se obtiene de multiplicar la cantidad de columnas del marco por la rigidez lateral de la columna, identificada como: K_c .
- d_o : Distancia horizontal de caja eje, en dirección x o y, con respecto a un punto pivote, que para este análisis es la intersección del marco 7 con el marco F.

Para determinar la rigidez lateral de la columna K_c se considera bajo una condición de doble empotramiento, que tenderá a doblarse por la acción de una fuerza exterior F_i , generando una deflexión por el momento Δ_m y una deflexión debido a la fuerza cortante Δ_c . La K_c viene dada por la fórmula²⁷:

$$K_c = \frac{F_i}{\Delta} = \frac{F_i}{\Delta_m + \Delta_c} = \frac{E_c \times b \times h}{H \left(\left(\frac{H}{h} \right)^2 + 3 \right)}$$

Donde:

- b : Base de la sección transversal de la columna.
- h : Altura de la sección transversal de la columna.
- H : Altura de la columna del piso analizado.
- E_c : Módulo de elasticidad del concreto, $E_c = 15\,100\sqrt{f'_c}$, según numeral 19.2.2.1(b) del ACI 318-14.

²⁷ MOYA, Luis. *Análisis y determinación teórica de la rigidez de muros de mampostería reforzada en edificios de hasta dos niveles*. p. 22.

Tomaremos para este cálculo el marco 9 del nivel 2, por lo que la altura de la columna H es 400 cm; si la rigidez lateral K_c queda en función del módulo de elasticidad, para una columna con sección transversal de 0,60 m x 0,60 m:

$$K_c = \frac{E_c \times 60 \times 60}{400 \left(\left(\frac{400}{60} \right)^2 + 3 \right)} = 0,19E_c$$

Y como hay 5 columnas en el marco 9, la rigidez del marco R_m es:

$$R_m = 5 \text{ columnas} \times 0,19E_c = 0,95E_c$$

Considerando que el punto pivote está en la intersección del marco 7 y el marco F, la distancia al marco 9 es, $d_o = 13 \text{ m}$,

$$R_m \times d_o = 0,95E_c \times 13 = 12,35E_c$$

Aplicando el procedimiento anterior para los cuatro marcos del eje X, ver tabla XIX, se tiene $\sum R_m$:

$$\sum_{\substack{\text{eje } j \\ \text{eje } f}} R_m = 4 \text{ ejes} \times 0,95E_c = 3,8E_c$$

De las distancias entre el punto pivote a cada marco del eje X, obtenemos:

$$\sum_{\substack{\text{eje } j \\ \text{eje } f}} (R_m \times R_o) = 37,05E_c - m$$

El centro de rigidez en el eje X para ambos niveles es:

$$CR_x = \frac{37,05E_c}{3,8E_c} = 9,75 \text{ m}$$

Aplicando la ecuación para calcular el CR_y para el eje Y, con los datos de la tabla XX, tenemos:

$$CR_y = \frac{38,005E_c}{3,8E_c} = 10 \text{ m}$$

La coordenada del CR es entonces: $X = 9,75 \text{ m}$ y en $Y = 10 \text{ m}$.

Tabla XIX. Rigidez para marcos del eje X (nivel 1 y 2)

Eje X	Cant. Columnas	K_c	R_m	d_o (m)	$R_m \times d_o$
7	5	0,19	$0,95E_c$	0	0
8	5	0,19	$0,95E_c$	6	5,7
9	5	0,19	$0,95E_c$	13	12,35
10	5	0,19	$0,95E_c$	20	19
		$\Sigma =$	$3,80E_c$		$37,05E_c$

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Rigidez para marcos del eje Y (nivel 1 y 2)

Eje Y	Cant. columnas	K_c	R_m	d_o (m)	$R_m \times d_o$
F	4	0,19	$0,76E_c$	0	0
G	4	0,19	$0,76E_c$	5	3,8
H	4	0,19	$0,76E_c$	10	7,6
I	4	0,19	$0,76E_c$	15	11,4
J	4	0,19	$0,76E_c$	20	15,2
		$\Sigma =$	$3,80E_c$		$38,00E_c$

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Rigidez por marco – nivel 2

Eje X	Eje Y	Cant. columnas	Kc	Km(Ec)	Ro (m)	Km(Ec) * Ro
6	A	6	0,19	1,14	0	0
7	B	6	0,19	1,14	8	9,12
8	C	6	0,19	1,14	16	18,24
9	D	6	0,19	1,14	24	27,36
10	E	6	0,19	1,14	32	36,48
11	F	6	0,19	1,14	40	45,6
			Σ =	6,84Ec		136,80Ec

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.4.4. Cálculo de excentricidades

La torsión horizontal en un edificio es un giro alrededor de un eje vertical que ocurre cuando el centro de masa no coincide con el centro de rigidez. La distancia entre el *CM* y el *CR* se denomina excentricidad e_c , la cual multiplicada por el cortante sísmico que actúa en el nivel, produce el momento torsional. “A este momento torsional inherente con dicha excentricidad e_c , se le debe agregar una excentricidad accidental e_a igual al 5 % de la dimensión del nivel perpendicular”²⁸. Esto es:

$$e_{c,x-y} = |CM - CR| = 10 - 9,75 = 0,25 \text{ m (para el eje X)}$$

$$e_{a,x-y} = |CM - CR| \pm 0,05 \times b$$

Donde:

e_c : Excentricidad pura, en el eje X y Y.

²⁸ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural para Guatemala NSE 3, 2018*. p. 49.

- e_a : Excentricidad accidental, en el eje X y Y.
 b : Dimensión del edificio medida perpendicularmente a la dirección considerada.

Por tanto, la excentricidad accidental por eje en ambos niveles es:

$$e_{a,x} = |10 - 9,75| + 0,05 \times 20 \text{ m} = 1,25 \text{ m}$$

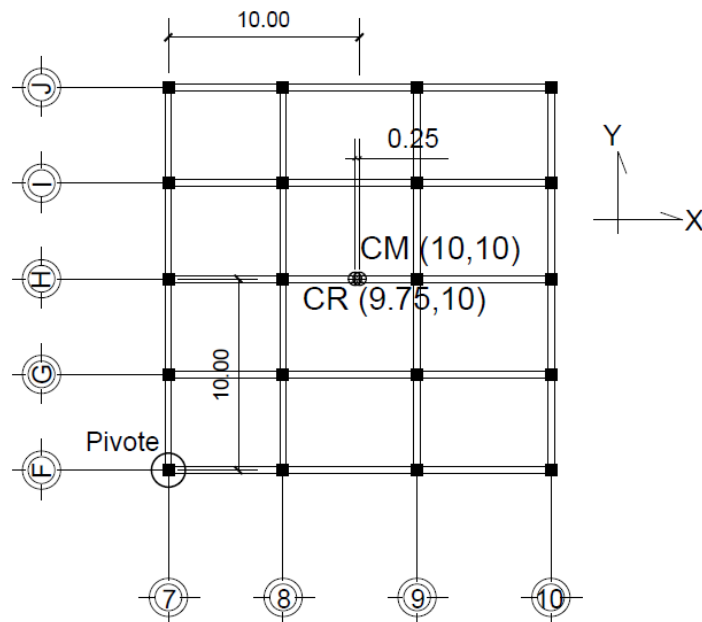
$$e_{a,x} = |10 - 9,75| - 0,05 \times 20 \text{ m} = -0,75 \text{ m}$$

$$e_{a,y} = |10 - 10| - 0,05 \times 20 \text{ m} = -1 \text{ m}$$

$$e_{a,y} = |10 - 10| + 0,05 \times 20 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

Para el análisis de las fuerzas laterales se utilizará: $e_{a,x}$: 1,25 m; $e_{a,y}$: 1 m.

Figura 21. Posición del centro de masa y centro de rigidez



Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD 2016.

2.1.5.4.5. Cálculo de fuerzas laterales por marco

Las fuerzas laterales actuantes del cortante sísmico por marco V_m son aquellas que resultan de la suma de los valores absolutos de las fuerzas por corte traslacional V_d más la fuerza de corte torsional V_t , es decir:

$$V_m = |V_d| + |V_t|.$$

Ahora bien, para calcular las fuerzas V_d y V_t , se utilizan las siguientes ecuaciones²⁹:

$$V_d = \frac{R_m \times F_i}{\sum R_m} \quad V_t = e_a \times F_i \times \frac{R_m \times d_i}{\sum (R_m \times d_i^2)}$$

Donde:

- R_m : Rigidez del marco analizado.
- F_i : Fuerza del cortante basal en el nivel i .
- e_a : Excentricidad accidental, en el eje X o Y
- d_i : Distancia horizontal entre la coordenada del CM y el marco analizado.

De los valores de las tablas XVIII, XIX, XX y aplicando las ecuaciones antes descritas, se presentan los valores de las fuerzas V_d , V_t y las fuerzas laterales del cortante sísmico por marco V_m , tanto para el eje X como para el eje Y, que es el mismo para ambos niveles.

²⁹ MELI, Roberto. *Diseño estructural*. p. 458.

Tabla XXII. Fuerza lateral del cortante sísmico por marco – eje X

Nivel 1									
F_i (Ton)	61,81	$e_{a,y}$ (m)							1
Nivel 2									
F_i (Ton)	63,94								

Marco	R_m	d_i (m)	$R_m \times d_i$	$R_m \times d_i^2$	Nivel 1		Nivel 2	
					Vd (Ton)	Vt (Ton)	Vd (Ton)	Vt (Ton)
7	0,95	10	9,50	95	15,45	2,75	15,99	2,84
8	0,95	4	3,80	15,2	15,45	1,10	15,99	1,14
9	0,95	-3	-2,85	8,55	15,45	|-0,82|	15,99	|-0,85|
10	0,95	-10	-9,50	95	15,45	|-2,75|	15,99	|-2,84|
$\Sigma =$	$3,80E_c$			213,75				

Marco	Nivel 1	Nivel 2
	Vm (Ton)	Vm (Ton)
7	18,20	18,83
8	16,55	17,13
9	16,27	16,84
10	18,20	18,83

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Fuerza lateral del cortante sísmico por marco – eje Y

Nivel 1									
F_i (Ton)	61,81	$e_{a,x}$ (m)							1,25
Nivel 2									
F_i (Ton)	63,94								

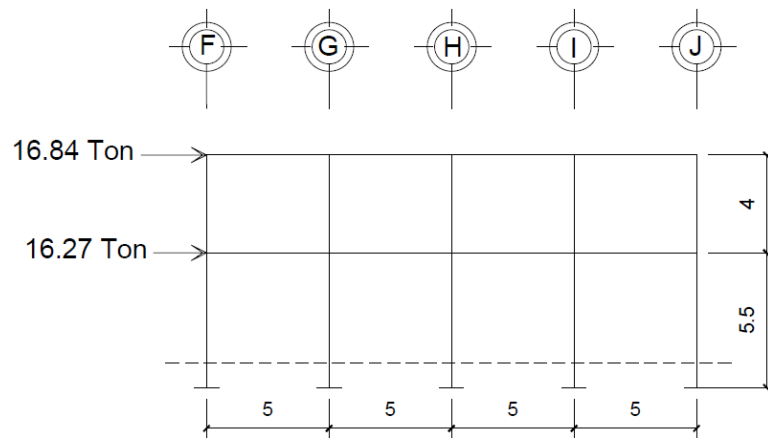
Marco	R_m	d_i (m)	$R_m \times d_i$	$R_m \times d_i^2$	Nivel 1		Nivel 2	
					Vd (Ton)	Vt (Ton)	Vd (Ton)	Vt (Ton)
F	0,76	10	7,6	76	12,36	3,09	12,79	3,20
G	0,76	5	3,8	19	12,36	1,55	12,79	1,60
H	0,76	0	0	0	12,36	0,00	12,79	0,00
I	0,76	-5	-3,8	-50	12,36	|-1,55|	12,79	|-1,60|
J	0,76	-10	-7,6	-25	12,36	|-3,09|	12,79	|-3,20|
$\Sigma =$	$3,80E_c$			190				

Continuación tabla XXII.

	Nivel 1	Nivel 2
Marco	V_m (Ton)	V_m (Ton)
F	15,45	15,99
G	13,91	14,39
H	12,36	12,79
I	13,91	14,39
J	15,45	15,99

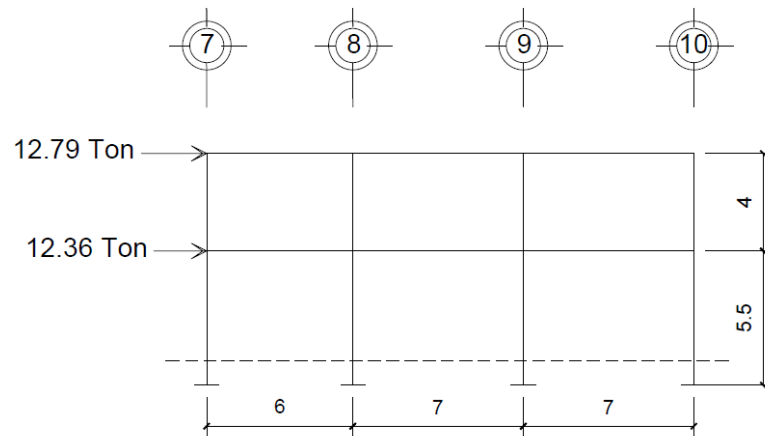
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Fuerzas laterales del cortante sísmico – marco 9**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 23. **Fuerzas laterales del cortante sísmico – marco H**



Fuente: elaboración propia.

2.1.5.5. **Análisis estructural por el método de Kani**

El método de aproximaciones sucesivas, conocido como método de Kani por su autor, es un método de iteraciones sucesivas, el cual plantea dos tipos de suposiciones: 1) la estructura posee nudos rígidos (marcos sin ladeo) y se utiliza para calcular los momentos de cargas verticales (carga muerta y viva); 2) la estructura posee nudos desplazables en sentido horizontal (marcos con ladeo) con lo que se permite calcular los momentos de carga horizontal³⁰ (carga sísmica).

Para este análisis se presentará un ejemplo de cálculo para el marco 9.

³⁰ KANI, Gaspar. *Cálculo de pórticos de varios pisos*. p. 4.

2.1.5.5.1. Análisis con nudos rígidos

A continuación, se presentan las ecuaciones necesarias para el análisis que supone que los nudos no se desplazan, nudos rígidos³¹. El primer paso para emplear el método es determinar la rigidez e inercia del elemento analizado, tanto para los elementos horizontales (vigas), como para los elementos verticales (columnas).

- Rigidez de cada elemento de la estructura:

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

Donde:

K :	Rigidez del elemento analizado (viga o columna)
I :	Inercia del elemento analizado
L :	Longitud del elemento analizado

- Por ser elementos rectangulares o cuadrados, la inercia viene dada por:

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

Donde:

b :	Base del elemento analizado
h :	Altura del elemento analizado

³¹ KANI, Gaspar. *Cálculo de pórticos de varios pisos*. p. 7.

- Coeficiente de reparto o factor de giro:

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \times \frac{k_{ik}}{\Sigma k_{ik}}$$

Donde:

μ_{ik} :	Factor de giro
k_{ik} :	Rigidez del elemento analizado
Σk_{ik} :	Sumatoria de rigideces en el nudo

La sumatoria de los factores de distribución del nudo en análisis debe ser igual a – 0,50 como medio de comprobación.

- Momento de empotramiento o fijo es el provocado por las cargas distribuidas. Se calcula mediante la fórmula³²:

$$\bar{M}_{ik} = \frac{W \times L^2}{12}$$

Donde:

\bar{M}_{ik} :	Momento de empotramiento provocado por la acción de la carga distribuida en cada uno de los extremos de la viga ik (Ton – m).
W :	Carga gravitacional uniformemente distribuida, viva o muerta (Ton).
L :	Longitud del elemento horizontal, viga, analizado (m).

³² SINGER, Ferdinand. *Resistencia de materiales*. p. 288.

- Momento de sujeción: son los que mantienen la rigidez del nudo al giro. Está dado por la suma de todos los momentos de empotramiento que concurren en el nudo:

$$\bar{M}_i = \Sigma \bar{M}_{ik}$$

Donde:

- \bar{M}_i : Momento de sujeción en el nudo i (Ton-m).
- $\Sigma \bar{M}_{ik}$: Sumatoria de los momentos de empotramiento en el nudo i.

- Momentos debido al giro propio, son las sucesivas influencias del giro del nudo a los momentos:

$$M'_{ik} = \mu_{ik} \times (\bar{M}_i + \Sigma M'_{ki})$$

Donde,

- M'_{ik} : Momento debido al giro propio del extremo i (extremo analizado).
- $\Sigma M'_{ki}$: Sumatoria de los momentos en los extremos opuestos del nudo analizado, que intervienen en él.

- Momentos negativos finales en el extremo de cada elemento: se obtienen sumando algebraicamente los momentos de empotramiento, momento debido al giro propio del extremo y el momento debido al giro del extremo opuesto:

$$M_{ik(-)} = \bar{M}_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

Donde:

- $M_{ik(-)}$: Momento negativo final en el extremo i de la viga ik.

\bar{M}_{ik} : Momento de empotramiento de la viga ik en el extremo i.

M'_{ki} : Momento debido al giro del extremo opuesto k de la viga ik.

- Momentos positivos finales: para determinarlos se supone que la viga está simplemente apoyada con una carga distribuida, para lo cual se aplica la ecuación descrita³³; a ese resultado se le resta el promedio de los momentos negativos finales antes obtenidos:

$$M_{ik(+)} = \frac{W \times L^2}{8} - \frac{|M_{ik(-)}| + |M_{ki(-)}|}{2}$$

Donde:

$M_{ik(+)}$: Momento positivo final en la viga ik, debido a la carga distribuida.

$M_{ik(-)}$: Momento negativo de la viga ik en el extremo izquierdo i.

$M_{ki(-)}$: Momento negativo de la viga ik en el extremo derecho k.

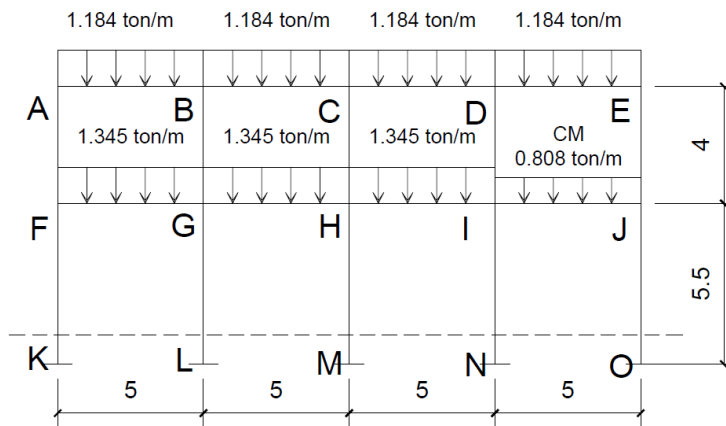
- Ejemplo: aplicación del método de Kani con nudos rígidos, bajo la acción de cargas muertas para el marco 9.

En la figura 24 se presenta la nomenclatura adoptada para nombrar cada nudo.

³³ SINGER, Ferdinand. *Resistencia de materiales*. p. 259.

De las dimensiones de las secciones transversales de cada elemento (tabla II) y aplicando las ecuaciones de rigidez e inercia, se construye la tabla XXIII, correspondiente a las rigideces k_{ik} de los elementos del marco 9.

Figura 24. **Distribución de nudos marco 9 con cargas distribuidas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Con los valores de las rigideces k_{ik} se calculan los factores de giro μ_{ik} en cada nudo. Los elementos que concurren en el nudo A son la viga A – B y la columna A – F, por lo que:

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} \times \frac{0,00038}{0,00038 + 0,00270} = -0,06$$

$$\mu_{AF} = -\frac{1}{2} \times \frac{0,00270}{0,00038 + 0,00270} = -0,44$$

La suma de los factores de giro obtenidos, debe ser igual a $-0,5$:

$$\Sigma\mu = (-0,06) + (-0,44) = -0,50$$

Los demás valores de los factores de giro para cada nudo se presentan en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. Rigidez de los elementos estructurales del marco 9

Elemento	Base (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Inercia (m ⁴)	Rigidez k_{ik}
VIGAS – NIVEL 2					
A – B	0,25	0,45	5,00	0,00189844	0,00038
B – C	0,25	0,45	5,00	0,00189844	0,00038
C – D	0,25	0,45	5,00	0,00189844	0,00038
D – E	0,25	0,45	5,00	0,00189844	0,00038
COLUMNAS – NIVEL 2					
A – F	0,60	0,60	4,00	0,01080000	0,00270
B – G	0,60	0,60	4,00	0,01080000	0,00270
C – H	0,60	0,60	4,00	0,01080000	0,00270
D – I	0,60	0,60	4,00	0,01080000	0,00270
E – J	0,60	0,60	4,00	0,01080000	0,00270
VIGAS – NIVEL 1					
F – G	0,25	0,45	5,00	0,00189844	0,00038
G – H	0,25	0,45	5,00	0,00189844	0,00038
H – I	0,25	0,45	5,00	0,00189844	0,00038
I – J	0,25	0,45	5,00	0,00189844	0,00038
COLUMNAS – NIVEL 1					
F – K	0,60	0,60	5,50	0,01080000	0,00196
G – L	0,60	0,60	5,50	0,01080000	0,00196
H – M	0,60	0,60	5,50	0,01080000	0,00196
I – N	0,60	0,60	5,50	0,01080000	0,00196
J – O	0,60	0,60	5,50	0,01080000	0,00196

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Factores de giro del marco 9

Nudo: A	μ_{ik}
A - B	-0,06
A - F	-0,44
sumatoria	-0,50
Nudo: B	μ_{ik}
B - A	-0,05
B - G	-0,40
B - C	-0,05
sumatoria	-0,50
Nudo: C	μ_{ik}
C - B	-0,05
C - H	-0,40
C - D	-0,05
sumatoria	-0,50
Nudo: D	μ_{ik}
D - C	-0,05
D - I	-0,40
D - E	-0,05
sumatoria	-0,50
Nudo: E	μ_{ik}
E - D	-0,06
E - J	-0,44
sumatoria	-0,50

Nudo: F	μ_{ik}
F - A	-0,27
F - K	-0,19
F - G	-0,04
sumatoria	-0,50
Nudo: G	μ_{ik}
G - B	-0,25
G - F	-0,04
G - L	-0,17
G - H	-0,04
sumatoria	-0,50
Nudo: H	μ_{ik}
H - C	-0,25
H - G	-0,04
H - M	-0,17
H - I	-0,04
sumatoria	-0,50
Nudo: I	μ_{ik}
I - D	-0,25
I - H	-0,04
I - N	-0,17
I - J	-0,04
sumatoria	-0,50

Nudo: J	μ_{ik}
J - E	-0,27
J - I	-0,04
J - O	-0,19
sumatoria	-0,50

Nudo: K	μ_{ik}
K - F	0,00
Nudo: L	μ_{ik}
L - G	0,00
Nudo: M	μ_{ik}
M - H	0,00
Nudo: N	μ_{ik}
N - I	0,00
Nudo: O	μ_{ik}
O - J	0,00

Fuente: elaboración propia.

Los valores de los momentos de empotramiento para la viga A - B, que tiene una longitud $L = 5,0$ m y una carga muerta distribuida $W = 1,184$ ton/m, es:

En el extremo izquierdo:

$$\bar{M}_{AB} = - \frac{1,184 \times 5^2}{12} = - 2,47 \text{ Ton} - m$$

Y en el extremo derecho:

$$\bar{M}_{BA} = \frac{1,184 \times 5^2}{12} = +2,47 \text{ Ton} - m$$

La convención de signos adoptada es negativa para los extremos izquierdos y positiva para los extremos derechos.

En la tabla siguiente se presentan los demás valores de los momentos de empotramiento, que resultan de aplicar el mismo procedimiento descrito anteriormente.

Tabla XXVI. **Momentos de empotramiento por cargas muertas – marco**

9

Viga	Longitud L (m)	Carga muerta CM (Ton/m)	$\pm \bar{M}_{ik}$ (Ton-m)
AB – BA	5	1,184	2,47
BC – CB	5	1,184	2,47
CD – DC	5	1,184	2,47
DE – ED	5	1,184	2,47
FG – GF	5	1,345	2,80
GH – HG	5	1,345	2,80
HI – IH	5	1,345	2,80
IJ – JI	5	0,808	1,68

Fuente: elaboración propia.

Seguidamente se calculan los momentos de sujeción \bar{M}_i en el nudo. Si analizamos el nudo I con la información de la tabla XXV, se tiene que los momentos de empotramiento que concurren en ese nudo son: \bar{M}_{IH} y \bar{M}_{IJ} , por lo que:

$$\bar{M}_I = +2,80 - 1,68 = 1,12 \text{ Ton} - m$$

Teniendo los valores de los momentos de empotramiento, los momentos de sujeción y los factores de giro, se procede a calcular las influencias de los giros del nudo M'_{ik} , por medio de iteraciones. El recorrido de nudos para ir calculando las iteraciones es: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow J \rightarrow I \rightarrow H \rightarrow G \rightarrow F$. Como el nudo A es el inicio, en él se han supuesto igual a cero las influencias de los giros en los extremos opuestos para tener un punto de partida.

- Nudo A

$$M'_{AB} = -0,06 \times (-2,47 + 0) = 0,15 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{AF} = -0,44 \times (-2,47 + 0) = 1,09 \text{ Ton} - m$$

- Nudo B

$$M'_{BA} = -0,05 \times ((2,47 - 2,47) + (0,15)) = -0,01 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BC} = -0,05 \times ((2,47 - 2,47) + (0,15)) = -0,01 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BG} = -0,39 \times ((2,47 - 2,47) + (0,15)) = -0,06 \text{ Ton} - m$$

- Nudo C

$$M'_{CB} = -0,05 \times ((2,47 - 2,47) + (-0,01)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CD} = -0,05 \times ((2,47 - 2,47) + (-0,01)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CH} = -0,39 \times ((2,47 - 2,47) + (-0,01)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

- Nudo D

$$M'_{DC} = -0,05 \times ((2,47 - 2,47) + (0,00)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DE} = -0,05 \times ((2,47 - 2,47) + (0,00)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DI} = -0,39 \times ((2,47 - 2,47) + (0,00)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

- Nudo E

$$M'_{ED} = -0,06 \times ((2,47 + 0) + (0)) = -0,15 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{EJ} = -0,44 \times ((2,47 + 0) + (0)) = -1,09 \text{ Ton} - m$$

- Nudo J

$$M'_{JE} = -0,27 \times ((1,68 + 0) - 1,09) = -0,16 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{JI} = -0,04 \times ((1,68 + 0) - 1,09) = -0,02 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{JO} = -0,19 \times ((1,68 + 0) - 1,09) = -0,11 \text{ Ton} - m$$

- Nudo I

$$M'_{ID} = -0,25 \times ((2,80 - 1,68) + (-0,02 + 0)) = -0,27 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IH} = -0,04 \times ((2,80 - 1,68) + (-0,02 + 0)) = -0,04 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IN} = -0,18 \times ((2,80 - 1,68) + (-0,02 + 0)) = -0,20 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IJ} = -0,04 \times ((2,80 - 1,68) + (-0,02 + 0)) = -0,04 \text{ Ton} - m$$

- Nudo H

$$M'_{HC} = -0,25 \times ((2,80 - 2,80) + (-0,04 + 0)) = 0,01 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HG} = -0,04 \times ((2,80 - 2,80) + (-0,04 + 0)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HM} = -0,18 \times ((2,80 - 2,80) + (-0,04 + 0)) = 0,01 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HI} = -0,04 \times ((2,80 - 2,80) + (-0,04 + 0)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

- Nudo G

$$M'_{GB} = -0,25 \times ((2,80 - 2,80) + (0 - 0,06)) = 0,01 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GF} = -0,04 \times ((2,80 - 2,80) + (0 - 0,06)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GL} = -0,18 \times ((2,80 - 2,80) + (0 - 0,06)) = 0,01 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GH} = -0,04 \times ((2,80 - 2,80) + (0 - 0,06)) = 0,00 \text{ Ton} - m$$

- Nudo F

$$M'_{FA} = -0,27 \times ((-2,80) + (1,09 + 0,00)) = 0,46 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FK} = -0,19 \times ((-2,80) + (1,09 + 0,00)) = 0,32 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FG} = -0,04 \times ((-2,80) + (1,09 + 0,00)) = 0,07 \text{ Ton} - m$$

Se finaliza el cálculo de iteraciones cuando los valores obtenidos son casi iguales. En este caso se realizaron siete iteraciones. En la figura 25 se muestran los resultados obtenidos.

De la última iteración realizada, se tiene que los momentos que concurren en el nudo A son: $M'_{AB} = 0,12 \text{ Ton} - m$; $M'_{AF} = 0,86 \text{ Ton} - m$; los momentos de los extremos opuestos al nudo, son: $M'_{BA} = -0,01 \text{ Ton} - m$; $M'_{FA} = 0,52 \text{ Ton} - m$; y el momento de empotramiento perfecto de la viga es: $\bar{M}_{AB} = -2,47 \text{ Ton} - m$. Lo que nos da un valor de los momentos negativos finales en el nudo A, tal que:

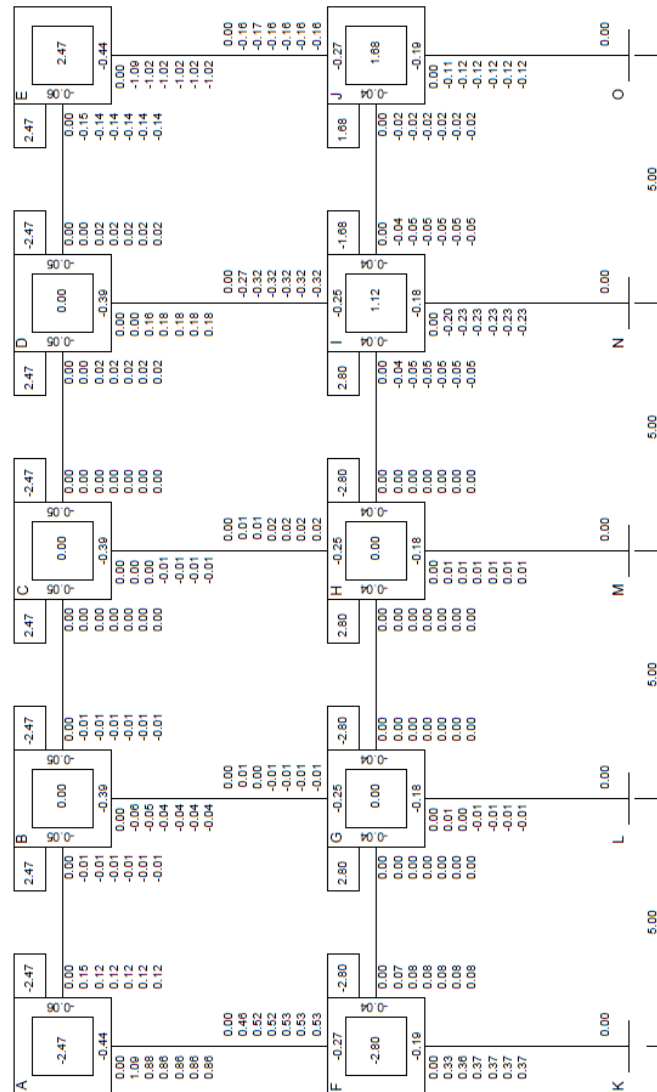
$$M_{AB(-)} = -2,47 + 2(0,12) + (-0,01) = -2,24 \text{ Ton} - m$$

$$M_{AF(-)} = 0 + 2(0,86) + (0,52) = 2,24 \text{ Ton} - m$$

Al aplicar la condición de equilibrio en el nudo, la suma de los momentos finales debe ser igual a cero, vemos que sí cumple. Por último, se calcula el momento positivo final, teniendo en cuenta que $M_{AB} = -2,24 \text{ Ton} - m$ y $M_{BA} = 2,57 \text{ Ton} - m$, por tanto:

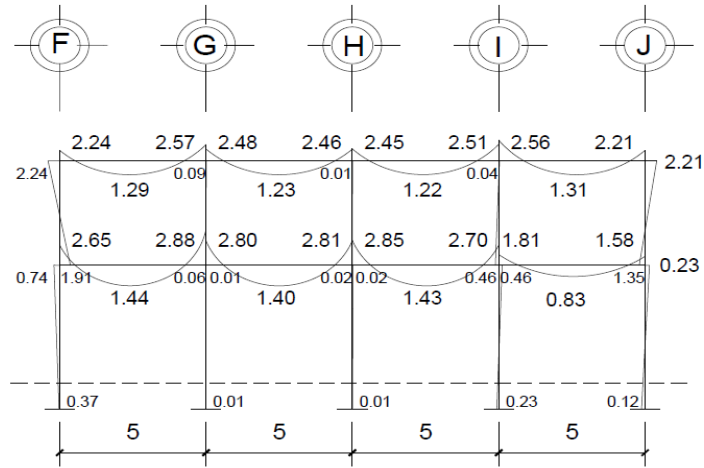
$$M_{AB(+)} = \left(\left(\frac{1,184 \times 5^2}{8} \right) - \left(\frac{|-2,24| + |2,57|}{2} \right) \right) = 1,29 \text{ Ton} - m$$

Figura 25. Esquema de iteraciones, método de Kani con nudos rígidos para carga muerta – marco 9



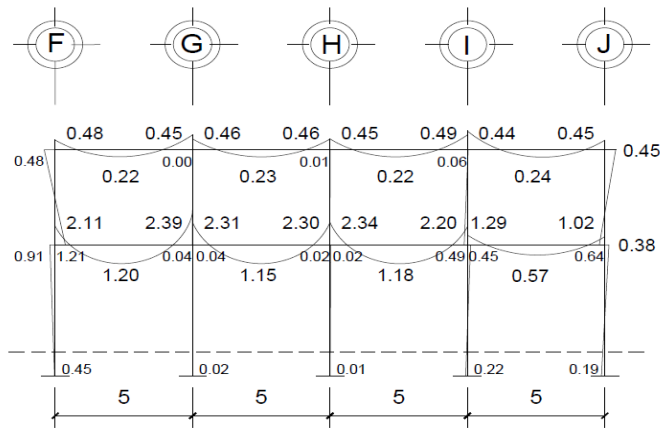
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Diagrama de momentos por carga muerta – marco 9



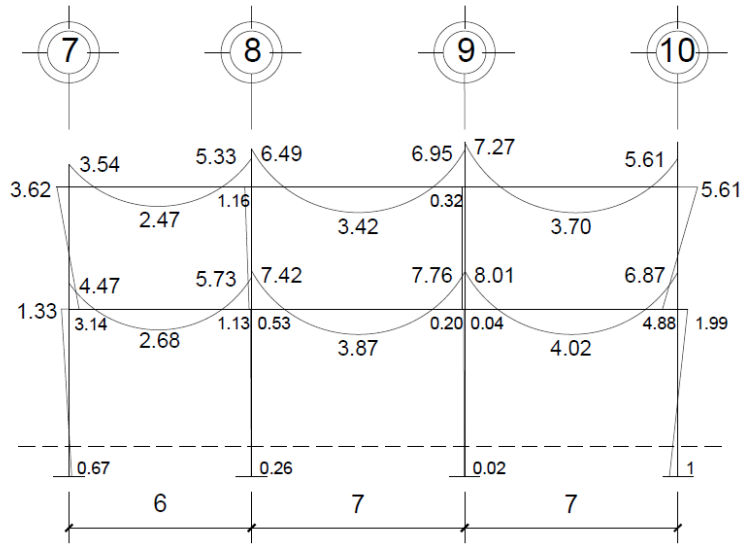
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Diagrama de momentos por carga viva – marco 9



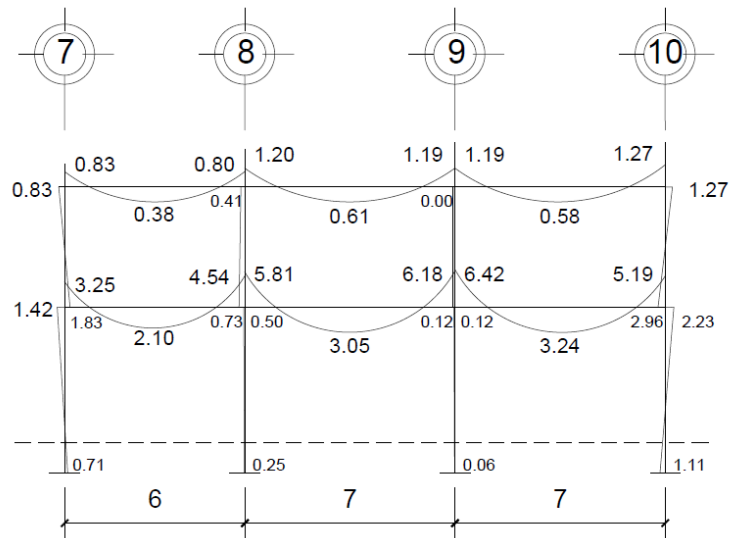
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Diagrama de momentos por carga muerta – marco H



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Diagrama de momentos por carga viva – marco H



Fuente: elaboración propia.

2.1.5.5.2. Análisis con nudos desplazables

Para analizar los elementos sometidos bajo carga sísmica que producen desplazamiento en sentido horizontal de los nudos se utiliza el procedimiento de nudos desplazables³⁴. Este es semejante al análisis de nudos rígidos, pero se sustituyen o incluyen algunas de las siguientes ecuaciones.

- Factor de corrimiento:

$$v_{ik} = -\frac{3}{2} \times \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right)$$

Donde:

v_{ik} :	Factor de corrimiento lineal de la columna
K :	Rigidez de la columna analizada
$\sum K$:	Sumatoria de rigideces de todas las columnas del piso

Como comprobación, la sumatoria de los factores de distribución lineal de las columnas de un nivel debe ser igual a $-1,50$.

- Momentos de piso, la carga sísmica genera en cada piso una fuerza cortante, que a su vez genera un momento de piso.

$$\bar{M}_r = \frac{1}{3} \times Q_m \times h$$

Donde:

\bar{M}_r :	Momento de piso.
---------------	------------------

³⁴ KANI, Gaspar. *Cálculo de pórticos de varios pisos*. p. 19.

Q_m : Fuerza cortante sísmico por piso.
 h : Altura de la columna del piso analizado.

- Momento debido a las influencias del giro del nudo:

$$M'_{ik} = \mu_{ik} \times (\bar{M}_i + \Sigma(M'_{ki} + M''_{ik}))$$

- Influencias del desplazamiento del nudo:

$$M''_{ik} = \nu_{ik} \times (\bar{M}_r + \Sigma(M'_{ik} + M'_{ki}))$$

Donde:

M''_{ik} : Momento debido al desplazamiento de la columna en el extremo i.
 ν_{ik} : Factor de corrimiento lineal de la columna.
 \bar{M}_r : Momento de piso.

- Momentos negativos finales con desplazamiento:

$$M_{ik(-)} = \bar{M}_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$$

Donde:

$M_{ik(-)}$: Momento negativo final en el extremo i.
 \bar{M}_{ik} : Momento de empotramiento del elemento en el extremo i.
 M'_{ik} : Momento debido al giro propio del extremo i (extremo analizado).
 M'_{ki} : Momento debido al giro del extremo contrario k del elemento.

M''_{ik} : Momento debido al desplazamiento del extremo i del elemento.

Para aplicar el método de Kani con nudos desplazables, bajo la acción de cargas sísmicas en el marco 9, se debe empezar calculando los factores de giro y corrimiento. La sumatorio de todos los factores de corrimiento debe ser igual a $-1,5$. Los factores de giro son los mismos que para el caso de nudos rígidos (tabla XXIV). En la tabla XXV se muestran los factores de corrimiento de las columnas, que se obtuvo con el cálculo siguiente:

$$v_{A-F} = -\frac{3}{2} \times \left(\frac{0,0027}{0,0135} \right) = -0,30$$

Tabla XXVII. Factores de desplazamiento del marco 9

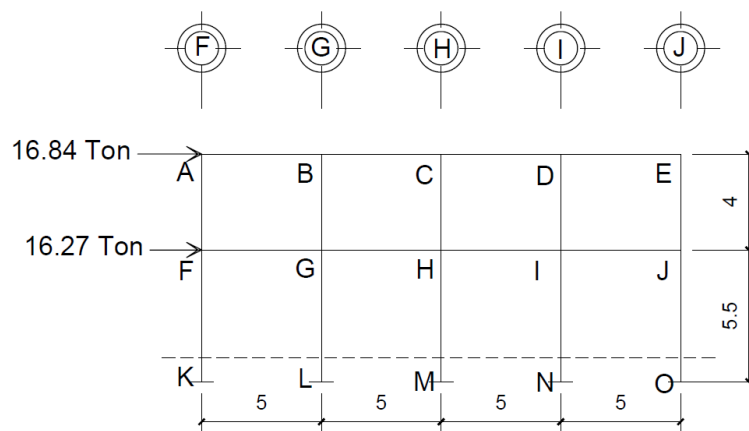
Elemento	Rigidez k_{ik}	Factor corrimiento v_{ik}
COLUMNAS – NIVEL 2		
A – F	0,0027	-0,30
B – G	0,0027	-0,30
C – H	0,0027	-0,30
D – I	0,0027	-0,30
E – J	0,0027	-0,30
sumatoria	0,0135	-1,50
COLUMNAS – NIVEL 1		
F – K	0,00196	-0,30
G – L	0,00196	-0,30
H – M	0,00196	-0,30
I – N	0,00196	-0,30
J – O	0,00196	-0,30
Sumatoria	0,00980	-1,50

Fuente: elaboración propia.

De existir momentos de empotramiento en los nudos, deben calcularse y posteriormente los momentos de sujeción. Para este caso, por la posición en que actúan las fuerzas externas, los momentos de empotramientos son igual a cero.

Figura 30. **Diagrama de cargas sísmicas – Distribución de nudos Marco**

9



Fuente: elaboración propia.

De la figura 30 se sabe que las fuerzas de fijación V_m son: 16,84 Ton para el segundo nivel y 16,27 Ton para el primer nivel. Para obtener los momentos de piso, hay que calcular las fuerzas cortantes de piso, Q_m :

$$Q_{N2} = V_{m2} = 16,84 \text{ Ton}$$

$$Q_{N1} = V_{m2} + V_{m1} = 16,84 \text{ Ton} + 16,27 \text{ Ton} = 33,11 \text{ Ton}$$

El momento de piso respectivo por nivel es:

$$\bar{M}_{r2} = \frac{1}{3} \times 16,84 \times 4 = 22,45 \text{ Ton} - m$$

$$\bar{M}_{r1} = \frac{1}{3} \times 33,11 \times 5,5 = 60,70 \text{ Ton} - m$$

Como no conocemos, hasta ahora, ningún valor aproximado para las influencias de los giros, calculamos únicamente las influencias del desplazamiento M''_{ik} , multiplicando los momentos de piso por el correspondiente factor de corrimiento, para las columnas de ambos niveles:

segundo nivel	$M''_{AF} = -0,30 \times 22,45 = -6,74 \text{ Ton} - m$
primer nivel	$M''_{FK} = -0,30 \times 60,70 = -18,21 \text{ Ton} - m$

Con la información que se tiene se inician los cálculos de las influencias de los giros M'_{ik} . La ruta de análisis para la influencia de giro es: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow I \rightarrow J$.

- Nudo A

$$M'_{AB} = -0,06 \times (0 + 0 + 0 - 6,74) = 0,40 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{AF} = -0,44 \times (0 + 0 + 0 - 6,74) = 2,96 \text{ Ton} - m$$

- Nudo B

$$M'_{BA} = -0,05 \times (0 + 0,40 + 0 + 0 - 6,74) = 0,32 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BC} = -0,05 \times (0 + 0,40 + 0 + 0 - 6,74) = 0,32 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{BG} = -0,40 \times (0 + 0,40 + 0 + 0 - 6,74) = 2,54 \text{ Ton} - m$$

- Nudo C

$$M'_{CB} = -0,05 \times (0 + 0,32 + 0 + 0 - 6,74) = 0,32 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CD} = -0,05 \times (0 + 0,32 + 0 + 0 - 6,74) = 0,32 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{CH} = -0,40 \times (0 + 0,32 + 0 + 0 - 6,74) = 2,57 \text{ Ton} - m$$

- Nudo D

$$M'_{DC} = -0,05 \times (0 + 0,32 + 0 + 0 - 6,74) = 0,32 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DE} = -0,05 \times (0 + 0,32 + 0 + 0 - 6,74) = 0,32 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{DI} = -0,40 \times (0 + 0,32 + 0 + 0 - 6,74) = 2,57 \text{ Ton} - m$$

- Nudo E

$$M'_{ED} = -0,06 \times (0 + 0,32 + 0 - 6,74) = 0,38 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{EJ} = -0,44 \times (0 + 0,32 + 0 - 6,74) = 2,82 \text{ Ton} - m$$

- Nudo F

$$M'_{FA} = -0,27 \times (0 + 2,96 + 0 + 0 - 6,74 - 18,21) = 5,94 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FG} = -0,04 \times (0 + 2,96 + 0 + 0 - 6,74 - 18,21) = 0,88 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{FK} = -0,19 \times (0 + 2,96 + 0 + 0 - 6,74 - 18,21) = 4,18 \text{ Ton} - m$$

- Nudo G

$$M'_{GB} = -0,24 \times (0 + 2,47 + 0 + 0,88 - 6,74 - 18,21) = 5,18 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GF} = -0,04 \times (0 + 2,47 + 0 + 0,88 - 6,74 - 18,21) = 0,86 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GL} = -0,18 \times (0 + 2,47 + 0 + 0,88 - 6,74 - 18,21) = 3,88 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{GH} = -0,04 \times (0 + 2,47 + 0 + 0,88 - 6,74 - 18,21) = 0,86 \text{ Ton} - m$$

- Nudo H

$$M'_{HC} = -0,24 \times (0 + 2,50 + 0 + 0,86 - 6,74 - 18,21) = 5,18 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HG} = -0,04 \times (0 + 2,50 + 0 + 0,86 - 6,74 - 18,21) = 0,86 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HM} = -0,18 \times (0 + 2,50 + 0 + 0,86 - 6,74 - 18,21) = 3,88 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{HI} = -0,04 \times (0 + 2,50 + 0 + 0,86 - 6,74 - 18,21) = 0,86 \text{ Ton} - m$$

- Nudo I

$$M'_{ID} = -0,24 \times (0 + 2,50 + 0,86 + 0 + 0 - 6,74 - 18,21) = 5,18 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IH} = -0,04 \times (0 + 2,50 + 0,86 + 0 + 0 - 6,74 - 18,21) = 0,86 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IN} = -0,18 \times (0 + 2,50 + 0,86 + 0 + 0 - 6,74 - 18,21) = 3,88 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{IJ} = -0,04 \times (0 + 2,50 + 0,86 + 0 + 0 - 6,74 - 18,21) = 0,86 \text{ Ton} - m$$

- Nudo J

$$M'_{JE} = -0,27 \times (0 + 2,82 + 0,86 + 0 - 6,74 - 18,21) = 5,74 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{JI} = -0,04 \times (0 + 2,82 + 0,86 + 0 - 6,74 - 18,21) = 0,85 \text{ Ton} - m$$

$$M'_{JO} = -0,19 \times (0 + 2,82 + 0,86 + 0 - 6,74 - 18,21) = 4,04 \text{ Ton} - m$$

Con nuevos valores de las influencias de giro y el cálculo de las influencias del desplazamiento de las columnas, se obtienen al sumar las influencias de giro de todas las cabezas de columnas del piso, $\Sigma(M'_{ik} + M'_{ki})$:

$$2,96 + 5,94 + 2,54 + 5,18 + 2,57 + 5,18 + 2,57 + 5,18 + 2,82 + 5,74 = 40,68$$

Sumando este valor con el momento de piso y multiplicando por el factor de corrimiento, tenemos para el segundo nivel.

$$M''_{ik} = -0,30 \times (22,45 + 40,68) = -18,94 \text{ Ton} - m$$

En el primer nivel, como influencias del giro:

$$4,18 + 3,88 + 3,88 + 3,88 + 4,04 = 19,86$$

Y las de desplazamiento:

$$M''_{ik} = -0,30 \times (60,70 + 19,86) = -24,17 \text{ Ton} - m$$

Luego de varias iteraciones, los valores empiezan a converger.

En la figura 32 se presentan los resultados finales de las iteraciones. Por la condición de equilibrio la sumatoria de los momentos que concurren en el nudo deben ser igual a 0. Para el nudo A son: $M'_{AB} = 2,15 \text{ Ton} - m$; $M'_{AF} = 15,76 \text{ Ton} - m$.

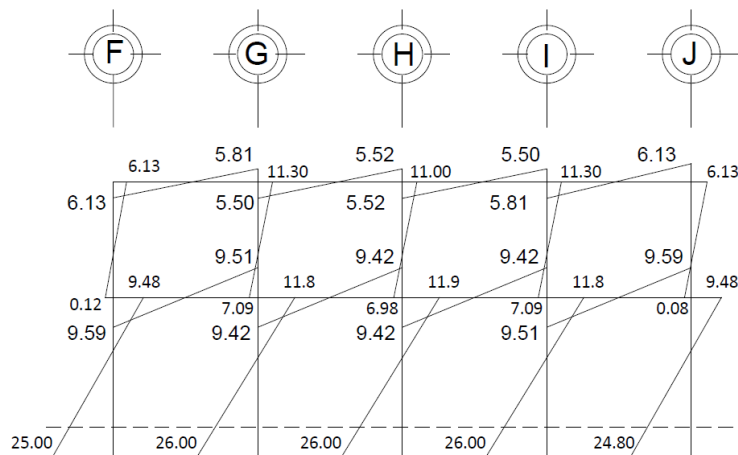
Los momentos de los extremos opuestos al nudo, son: $M'_{BA} = 1,83 \text{ Ton} - m$; $M'_{FA} = 21,77 \text{ Ton} - m$. Los momentos por influencia del desplazamiento es: $M''_{AF} = -59,42 \text{ Ton} - m$; y tomando en cuenta que el momento de empotramiento es cero, tenemos que el momento negativo final es:

$$M_{AB(-)} = 0 + 2(2,15) + 1,83 = 6,13 \text{ Ton} - m$$

$$M_{AF(-)} = 0 + 2(15,76) + 21,77 - 59,42 = -6,13 \text{ Ton} - m$$

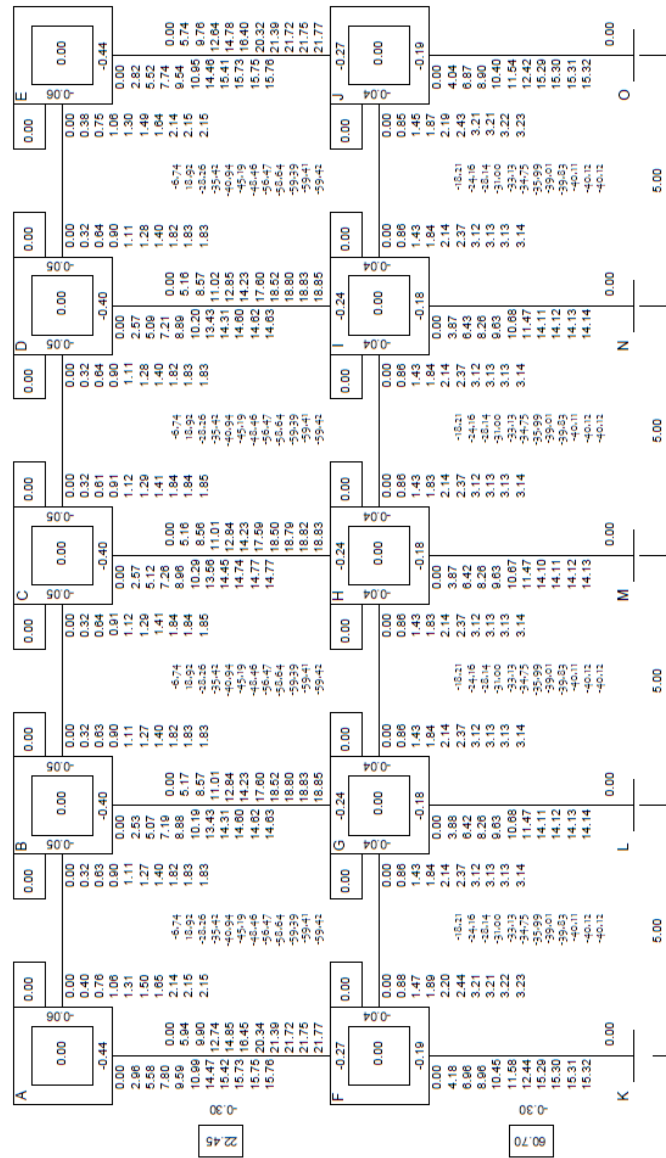
Los diagramas de momentos finales debido a carga sísmica se reflejan en las figuras 31 y 33, para el marco 9 y H respectivamente.

Figura 31. Diagrama de momentos por sismo – marco 9



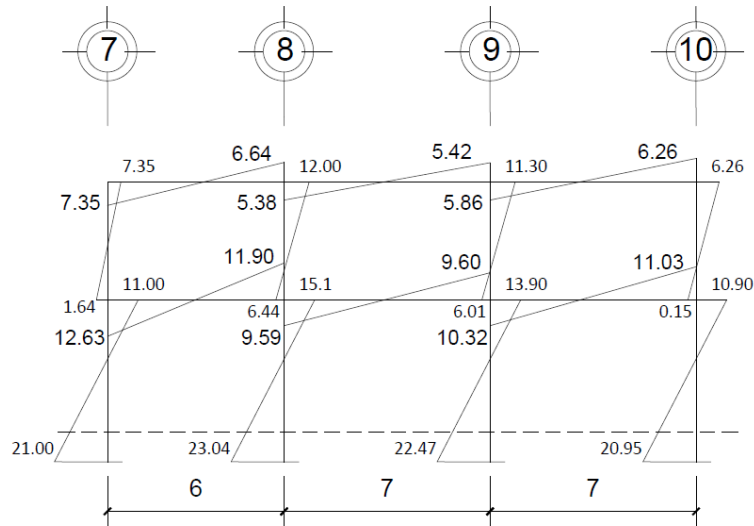
Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Esquema de iteraciones, método de Kani con desplazamientos horizontales por carga sísmica marco 9



Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Diagrama de momentos por sismo – marco H**



Fuente: elaboración propia.

2.1.5.6. **Comparación de resultados del análisis estructural con el método Kani y método computacional a través del software para cálculo estructural ETABS**

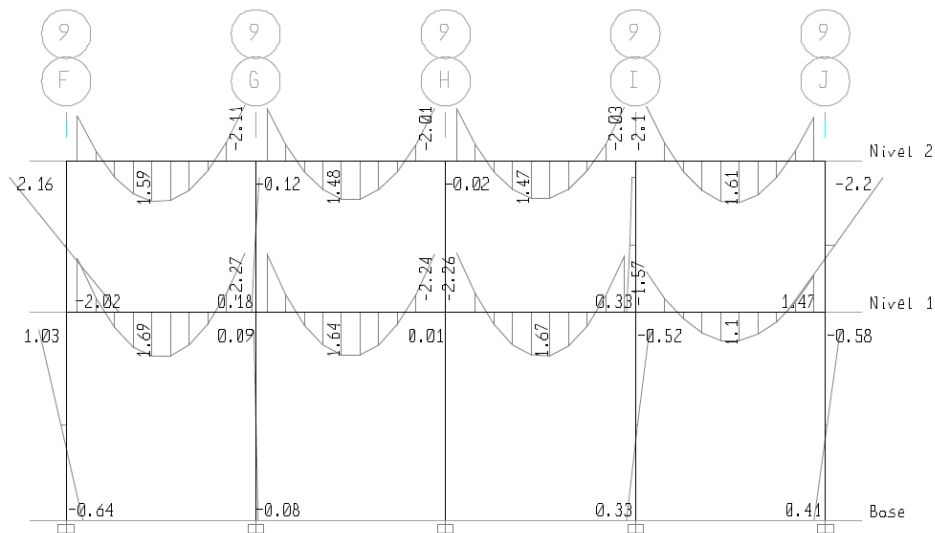
Para el análisis estructural de la integración de cargas producidas en los marcos 9 y H se empleó el software Etabs versión 16,1, como medio de comparación con los valores obtenidos al aplicar el método de análisis estructural Kani.

El modelo arquitectónico ingresado al programa obedece al correspondiente del módulo B3, según figura 5 y 6, con sus respectivos elementos estructurales: losas, vigas principales y columnas (cuyas dimensiones corresponden a las mostradas en el predimensionamiento).

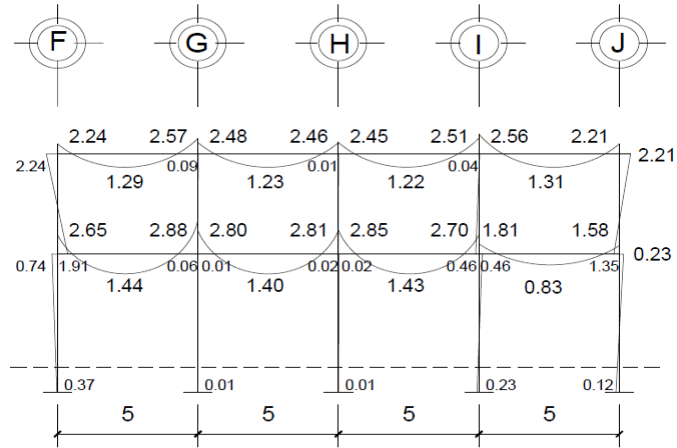
Se le aplicó una carga de $0,175 \text{ Ton}/\text{m}^2$ adicional al peso propio como carga muerta para el primer nivel, correspondiente al valor de tabicaciones y $0,102 \text{ Ton}/\text{m}^2$ para el segundo nivel. En ambos niveles no se ingresó el valor del peso propio de los elementos, ya que el programa los calcula. Se consideró una carga de $0,5 \text{ Ton}/\text{m}^2$ como carga viva para el primer nivel y $0,10 \text{ Ton}/\text{m}^2$ para el nivel dos. En cuanto a la fuerza de sismo se configuró los parámetros de la carga estática según el método de AGIES.

En las siguientes figuras (34 a la 39) se presenta una comparación visual de los diagramas de momentos por carga muerta, viva y sísmica, obtenidos mediante el método de Kani y el programa ETABS.

Figura 34. **Comparación de momentos por carga muerta, marco 9**

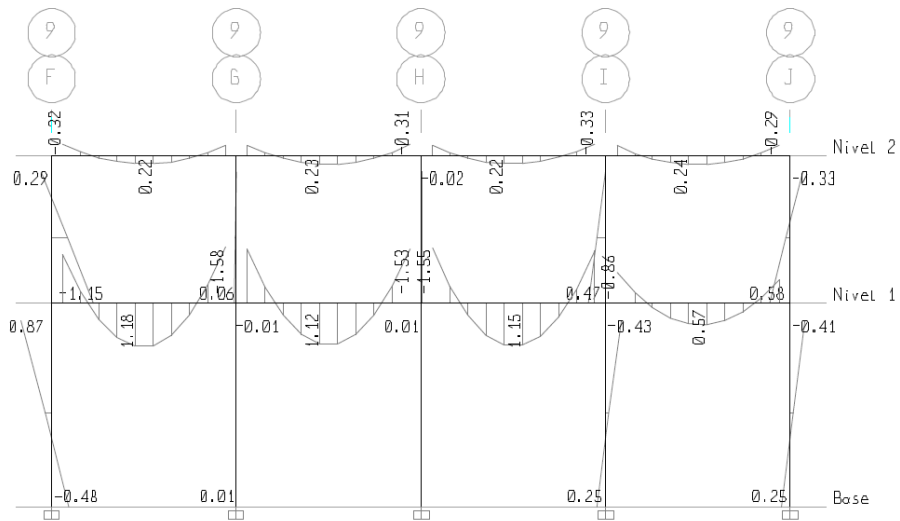


Continuación figura 34.

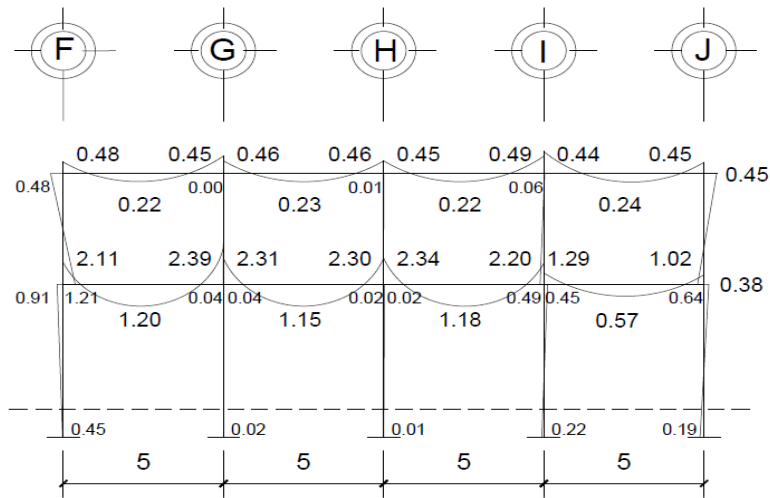


Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Comparación de momentos por carga viva, marco 9

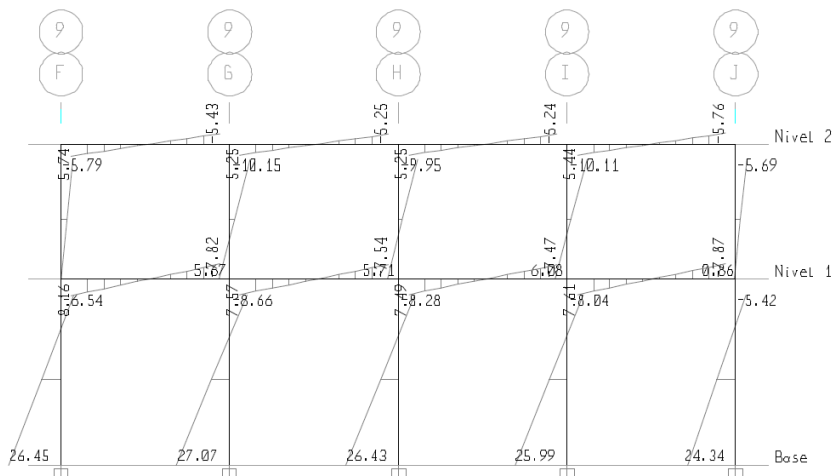


Continuación figura 35.

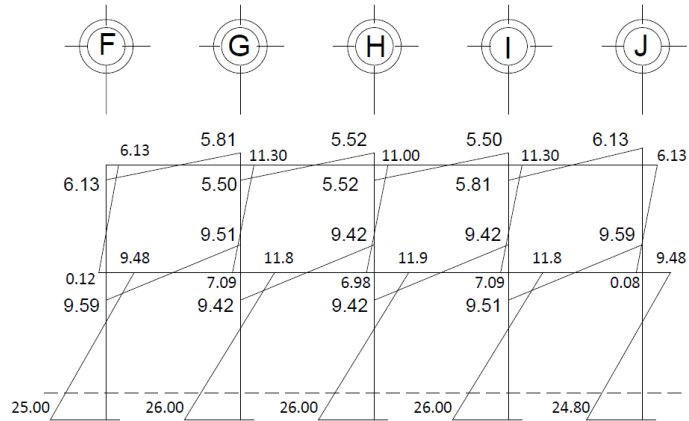


Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Comparación de momento por carga sísmica, marco 9

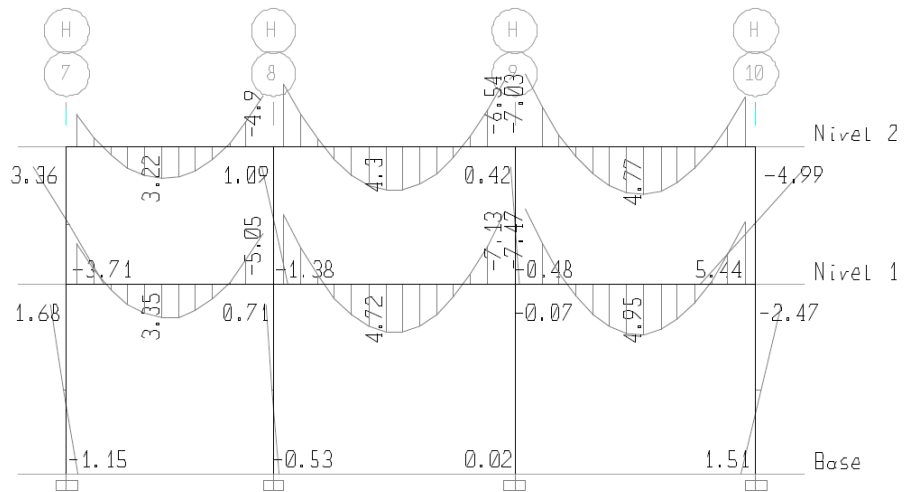


Continuación figura 36.

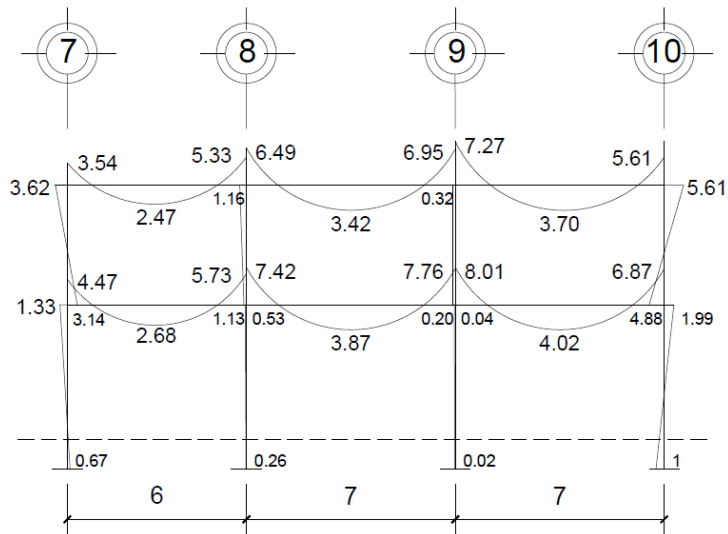


Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Comparación de momentos por carga muerta, marco H**

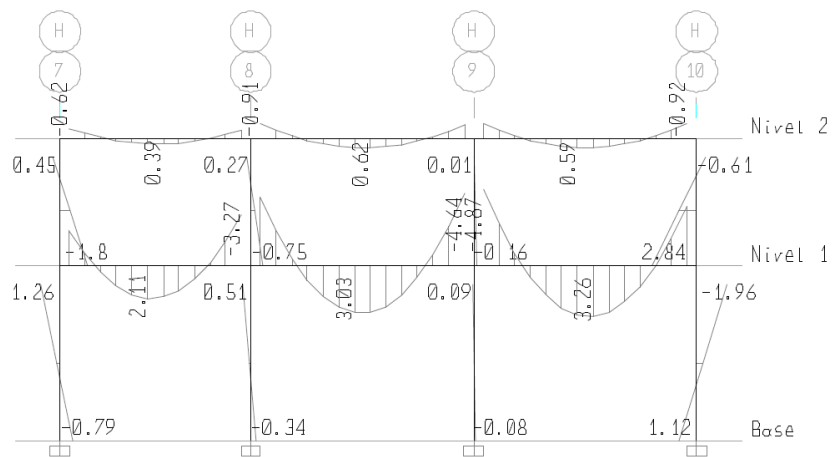


Continuación figura 37.

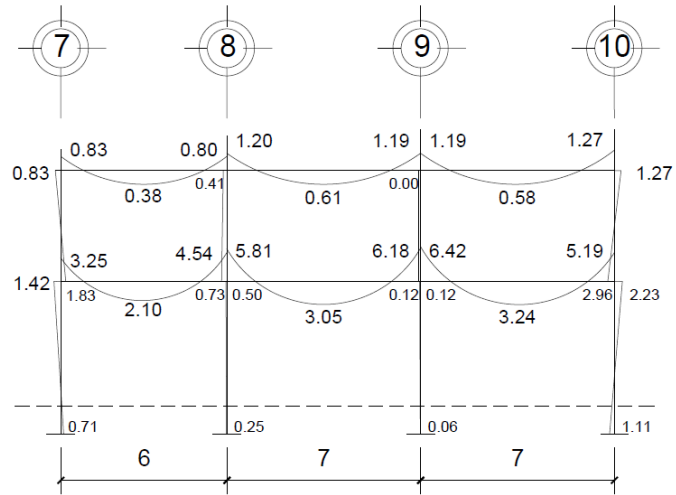


Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Comparación de momentos por carga viva, marco H**

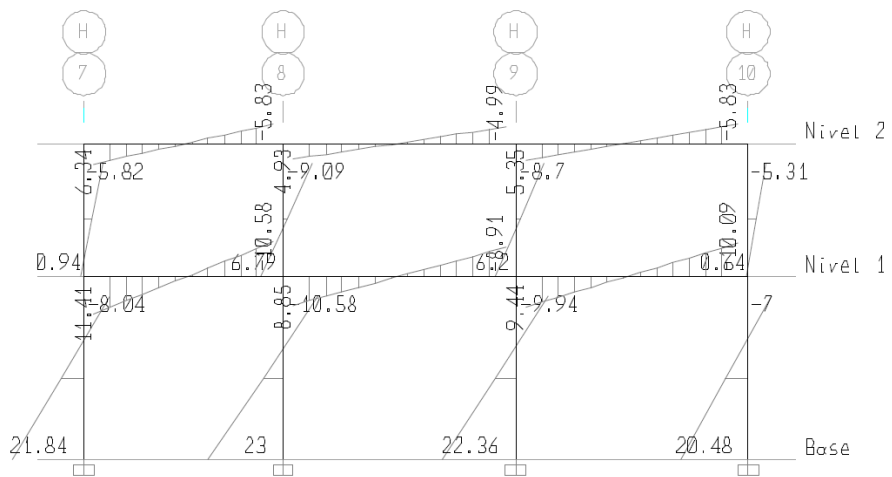


Continuación figura 38.

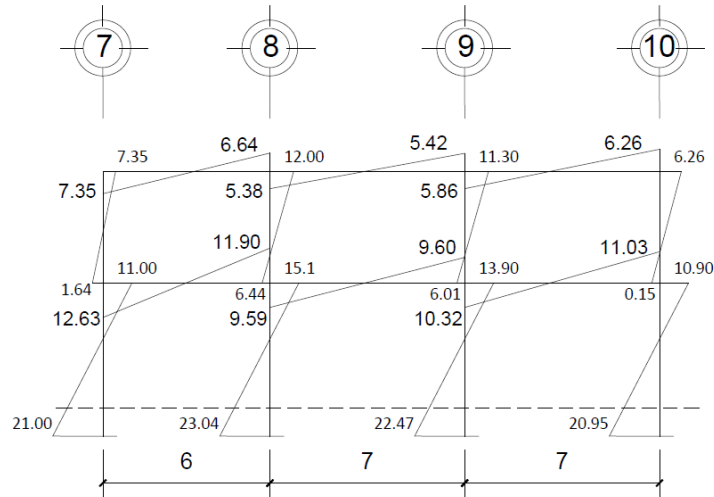


Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Comparación de momento por carga sísmica, marco H



Continuación figura 39.



Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXVII se comparan los datos para la viga F – G (primer nivel) del marco 9, con los valores de los momentos para carga muerta, viva y sísmica.

Tabla XXVIII. **Comparación de resultados, método Kani vrs Etabs**

Tipo de carga	Viga F - G Nivel 1	M_{FG} izq Ton - m	M_{FG} centro Ton - m	M_{FG} der Ton - m
Muerta	Etabs	2,08	1,68	2,27
	Kani	2,65	1,44	2,88
	Diferencia	0,57	0,24	0,61
Viva	Etabs	1,37	1,17	1,58
	Kani	2,11	1,20	2,39
	Diferencia	0,74	0,03	0,81
Sismo	Etabs	8,16	0,00	7,82
	Kani	9,59	0,00	9,51
	Diferencia	1,43	0,00	1,69

Fuente: elaboración propia.

Se puede apreciar que los momentos no varían de forma significativa con los obtenidos del análisis estructural mediante el método de Kani. En algunos casos, los valores son mayores a los valores que arroja el programa. Es por ello que, para el diseño estructural, se usan de referencia los valores obtenidos mediante dicho método.

2.1.5.7. Envoltente de momentos

La envoltente de momentos es el diagrama que representa los máximos momentos a los cuales va estar sujeto el elemento estructural, considerando la probabilidad de ocurrencia simultánea de la acción de las cargas muertas, vivas y sísmicas. Los valores de la envoltente de momentos son los que se utilizan para el diseño estructural de los elementos.

Para generarla se tomarán las combinaciones de carga del método de resistencia³⁵ (AGIES NSE 2-18, 2018, p. 66), de las cuales se utilizan las siguientes ecuaciones:

- CR1 $U = 1,4M$
- CR2 $U = 1,2M + 1,6V$
- CR3 $U = 1,2M + V$
- CR4 $U = 1,2M + V + E$
- CR5 $U = 0,9M - E$

³⁵ Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural para Guatemala NSE 2, 2018*. p. 66.

Donde,

- U*: Resistencia requerida del elemento
M: Momento debido a cargas muertas
V: Momento debido a cargas vivas
E: Momento debido a cargas sísmicas

Los valores de los momentos de cargas muertas, vivas y sísmicas son los que se obtuvieron del análisis por el método de Kani. En las tablas siguientes se muestra un resumen de dichos valores de momentos, así como los valores derivados de la aplicación de las combinaciones de carga para las ecuaciones antes dadas. Lo mismo se aplica para las fuerzas axiales que actúan en las columnas. Todos los valores están dados en toneladas.

Tabla XXIX. Resumen de momentos en vigas – Marco 9

Nivel 2

Vano	Momentos CM			Momentos CV			Momentos Sismo "E"		
	M(-) izq	M (+)	M(-) der	M(-) izq	M (+)	M(-) der	M(-) izq	M	M(+)
F – G	-2,24	1,29	-2,57	-0,48	0,22	-0,45	-6,13	0	5,81
G - H	-2,48	1,23	-2,46	-0,46	0,23	-0,46	-5,50	0	5,52
H – I	-2,45	1,22	-2,1	-0,45	0,22	-0,49	-5,52	0	5,50
I - J	-2,56	1,31	-2,21	-0,44	0,24	-0,45	-5,81	0	6,13

Nivel 1

Vano	Momentos CM			Momentos CV			Momentos Sismo "E"		
	M(-) izq	M (+)	M(-) der	M(-) izq	M (+)	M(-) der	M(-) izq	M	M(+)
F – G	-2,65	1,44	-2,88	-2,11	1,20	-2,39	-9,59	0	9,51
G - H	-2,80	1,40	-2,81	-2,31	1,15	-2,30	-9,42	0	9,42
H – I	-2,85	1,43	-2,70	-2,34	1,18	-2,20	-9,42	0	9,42
I - J	-1,81	0,83	-1,58	-1,29	0,57	-1,02	-9,51	0	9,59

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Envolvente de momentos en vigas – marco 9**

Nivel 2

Vano	F – G			G – H			H – I			I – J		
	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der
Ec. 1	-3,13	1,81	-3,60	-3,47	1,72	-3,44	-3,43	1,71	-3,51	-3,58	1,83	-3,09
Ec.2	-3,45	1,90	-3,80	-3,71	1,84	-3,69	-3,66	1,82	-3,80	-3,78	1,96	-3,37
Ec. 3	-3,17	1,77	-3,53	-3,44	1,71	-3,41	-3,39	1,68	-3,50	-3,51	1,81	-3,10
Ec. 4	-9,30	1,77	2,28	-8,94	1,71	2,11	-8,91	1,68	2,00	-9,32	1,81	3,03
Ec. 5	4,12	1,16	-8,12	3,27	1,11	-7,73	3,32	1,10	-7,76	3,51	1,18	-8,12

Nivel 1

Vano	F – G			G – H			H – I			I – J		
	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der
Ec. 1	-3,71	2,02	-4,03	-3,92	1,96	-3,93	-3,99	2,00	-3,78	-2,53	1,16	-2,21
Ec.2	-6,56	3,65	-7,28	-7,06	3,52	-7,05	-7,16	3,60	-6,76	-4,24	1,91	-3,53
Ec. 3	-5,29	2,93	-5,85	-5,67	2,83	-5,67	-5,76	2,90	-5,44	-3,46	1,57	-2,92
Ec. 4	-14,88	2,93	3,66	-15,09	2,83	3,75	-15,18	2,90	3,98	-12,97	1,57	6,67
Ec. 5	7,21	1,30	-12,10	6,90	1,26	-11,95	6,86	1,29	-11,85	7,88	0,75	-11,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Resumen de momentos en vigas – marco H**

Nivel 2

Vano	Momentos CM			Momentos CV			Momentos Sismo "E"			
	M(-) izq	M (+)	M(-) der	M(-) izq	M (+)	M(-) der	M(-) izq	M	M(+)	der
7 – 8	-3,54	2,47	-5,33	-0,83	0,38	-0,80	-7,35	0	6,64	
8 – 9	-6,49	3,42	-6,95	-1,20	0,61	-1,19	-5,38	0	5,42	
9 – 10	-7,27	3,70	-5,61	-1,19	0,58	-1,27	-5,86	0	6,26	

Nivel 1

Vano	Momentos CM			Momentos CV			Momentos Sismo "E"			
	M(-) izq	M (+)	M(-) der	M(-) izq	M (+)	M(-) der	M(+)	M	M(-)	der
7 – 8	-4,47	2,68	-5,73	-3,25	2,10	-4,54	-12,63	0	11,90	
8 – 9	-7,42	3,87	-7,76	-5,81	3,05	-6,18	-9,59	0	9,60	
9 – 10	-8,01	4,02	-6,87	-6,42	3,24	-5,19	-10,32	0	11,03	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Envolvente de momentos en vigas – marco H**

Vano	7 – 8			8 – 9			9 – 10		
	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der
Ec. 1	-4,96	3,46	-7,46	-9,09	4,79	-9,73	-10,18	5,18	-7,85
Ec.2	-5,58	3,57	-7,68	-9,71	5,08	-10,24	-10,63	5,37	-8,76
Ec. 3	-5,08	3,34	-7,20	-8,99	4,71	-9,53	-8,99	4,71	-9,53
Ec. 4	-12,43	3,34	-0,56	-14,37	4,71	-4,11	-15,77	5,02	-1,74
Ec. 5	4,16	2,22	-11,44	-0,46	3,08	-11,68	-0,68	3,33	-11,31

Nivel 1

Viga	7 – 8			8 – 9			9 – 10		
	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der	M izq	M (+)	M der
Ec. 1	-6,26	3,75	-8,02	-10,39	5,42	-10,86	-11,21	5,63	-9,62
Ec.2	-10,56	6,58	-14,14	-18,20	9,52	-19,20	-19,88	10,01	-16,55
Ec. 3	-8,61	5,32	-11,42	-14,71	7,69	-15,49	-16,03	8,06	-13,43
Ec. 4	-21,24	5,32	0,48	-24,30	7,69	-5,89	-26,35	8,06	-2,40
Ec. 5	8,61	2,41	-17,06	2,91	3,48	-16,58	3,11	3,62	-17,21

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Resumen de momentos en columnas – marco 9**

Columna	Nivel 2			Col	Nivel 1		
	Momento CM	Momento CV	Momento Sismo E		Momento CM	Momento CV	Momento Sismo E
A – F	2,24	0,48	-6,13	F – K	0,74	0,91	-9,48
F – A	1,91	1,21	-0,12	K – F	0,37	0,45	-25,00
B – G	-0,09	0,00	-11,30	G – L	-0,01	-0,04	-11,80
G – B	-0,06	-0,04	-7,09	L – G	-0,01	-0,02	-25,98
C – H	-0,01	-0,01	-11,00	H – M	0,02	0,02	-11,90
H – C	0,02	0,02	-6,98	M – H	0,01	0,01	-26,00
D – I	0,04	-0,06	-11,30	I – N	-0,46	-0,45	-11,80
I – D	-0,46	-0,49	-7,09	N – I	-0,23	-0,22	-25,98
E – J	-2,21	-0,45	-6,13	J – O	-0,23	-0,38	-9,48
J – E	-1,35	-0,64	-0,08	O – J	-0,12	-0,19	-24,80

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Envolvente de momentos en columnas – marco 9**

Nivel 2						Nivel 1					
Columna	Ec 1	Ec 2	Ec 3	Ec 4	Ec 5	Columna	Ec 1	Ec 2	Ec 3	Ec 4	Ec 5
A – F	3,14	3,46	3,17	-2,96	8,15	F – K	1,04	2,34	1,80	-7,68	10,15
F – A	2,67	4,23	3,50	3,38	1,84	K – F	0,52	1,16	0,89	-24,11	25,33
B – G	-0,13	-0,11	-0,11	-11,41	11,22	G – L	-0,01	-0,08	-0,05	-11,85	11,79
G – B	-0,08	-0,14	-0,11	7,20	7,04	L – G	-0,01	-0,04	-0,03	-26,01	25,97
C – H	-0,01	-0,03	-0,02	-11,02	10,99	H – M	0,03	0,06	0,04	-11,86	11,92
H – C	0,03	0,06	0,04	-6,94	7,00	M – H	0,01	0,03	0,02	-25,98	26,01
D – I	0,06	-0,05	-0,01	-11,31	11,34	I – N	-0,64	-1,27	-1,00	-12,80	11,39
I – D	-0,64	-1,34	-1,04	-8,13	6,68	N – I	-0,32	-0,63	-0,50	-26,48	25,77
E – J	-3,09	-3,37	-3,10	-9,23	4,14	J – O	-0,32	-0,88	-0,66	-10,14	9,27
J – E	-1,89	-2,64	-2,26	-2,34	-1,14	O – J	-0,17	-0,45	-0,33	-25,13	24,69

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Resumen de momentos en columnas – marco H**

Nivel 2				Nivel 1			
Columna	Momento CM	Momento CV	Momento Sismo E	Col	Momento CM	Momento CV	Momento Sismo E
7 – 11'	3,2	0,83	-7,35	11' – 15'	1,33	1,42	-11,00
11' – 7	3,14	1,83	-1,64	15' – 11'	0,67	0,71	-21,00
8 – 12'	1,16	0,41	-12,00	12' – 16'	0,53	0,50	-15,10
12' – 8	1,13	0,73	-6,44	16' – 12'	0,26	0,25	-23,04
9 – 13'	0,32	0,00	-11,30	13' – 17'	0,04	0,12	-13,90
13' – 9	0,20	0,12	-6,01	17' – 13'	0,02	0,06	-22,47
10 – 14'	-5,61	-1,27	-6,26	14' – 18'	-1,99	-2,23	-10,90
14' – 10	-4,88	-2,96	-0,15	18' – 14'	-1,00	-1,11	-20,95

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Envolvente de momentos en columnas – marco H**

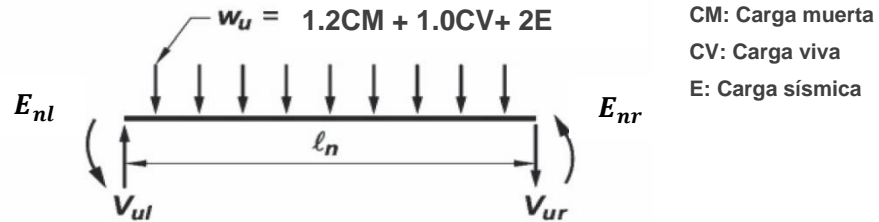
Nivel 2						Nivel 1					
Columna	Ec 1	Ec 2	Ec 3	Ec 4	Ec 5	Columna	Ec 1	Ec 2	Ec 3	Ec 4	Ec 5
7 – 11'	5,07	5,67	-3,01	-2,18	10,61	11' – 15'	1,86	3,87	-9,40	-7,98	12,20
11' - 7	4,40	6,70	2,13	3,96	4,47	15' – 11'	0,94	1,94	-20,20	-19,49	21,60
8 – 12'	1,62	2,05	-10,61	-10,20	13,04	12' – 16'	0,74	1,44	-14,46	-13,96	15,58
12' – 8	1,58	2,52	-5,08	-4,35	7,46	16' – 12'	0,36	0,71	-22,73	-22,48	23,27
9 – 13'	0,45	0,38	-10,92	-10,92	11,59	13' – 17'	0,06	0,24	-13,85	-13,73	13,94
13' – 9	0,28	0,43	-5,77	-5,65	6,19	17' – 13'	0,03	0,12	-22,45	-22,39	22,49
10 – 14'	-7,85	-8,76	-12,99	-14,26	1,21	14' – 18'	-2,79	-5,96	-13,29	-15,52	9,11
14' - 10	-6,83	-10,59	-6,01	-8,97	-4,24	18' – 14'	-1,40	-2,98	-22,15	-23,26	20,05

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.7.1. Esfuerzos cortantes últimos en vigas y columnas

Una de las consideraciones principales en el diseño de estructuras sometidas a cargas sísmicas es el cortante inducido en los elementos estructurales vigas y columnas.

Figura 40. Representación de las cargas actuantes en vigas



Fuente: elaboración propia, con información del ACI 318-14. *Requisitos de reglamento para concreto estructural.*

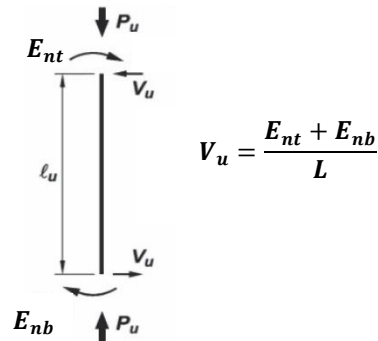
Para determinar los esfuerzos cortantes últimos en vigas se tienen que considerar las cargas gravitacionales mayoradas, según numeral 18.4.2 del ACI 318-14.

$$V_{uv} = 1,2 \left(\frac{CM \times L}{2} \right) + 1,0 \left(\frac{CV \times L}{2} \right) + 2,0 \left(\frac{E_{nl} + E_{nr}}{L} \right)$$

Donde:

- V_{uv} : Cortante último en viga.
- CM, CV : Carga muerta o viva distribuida, respectivamente.
- E_{nl} : Momento debido a la carga de sismo en el extremo izquierdo de la viga.
- E_{nr} : Momento debido a la carga de sismo en el extremo derecho de la viga.
- L : Longitud de la viga.

Figura 41. **Representación de las cargas actuantes en columnas**



Fuente: elaboración propia, con información del ACI 318-14. *Requisitos de reglamento para concreto estructural.*

Para el cortante último en columnas se tiene (ACI 318S-14, 2018, p. 287):

$$V_{u\ col} = \left(\frac{E_{nt} + E_{nb}}{L} \right)$$

Donde:

- $V_{u\ col}$: Cortante último en columna.
- E_{nt} : Momento último en el extremo superior de la columna (dato de la envolvente de momentos).
- E_{nb} : Momento último en el extremo inferior de la columna (dato de la envolvente de momentos).
- L : Longitud de la columna.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para los esfuerzos cortantes últimos en vigas y columnas, para el marco 9 y H, al aplicar las dos ecuaciones antes presentadas.

Tabla XXXVII. Cortante último en vigas – marco 9 y H

MARCO 9

Nivel 2

Vano	L (m)	CM (Ton/m)	CV (Ton/m)	Momento Sismo E_{nl}	Momento Sismo E_{nr}	V_{uv} (Ton)
F – G	5	1,184	0,221	-6,13	5,81	3,98
G – H	5	1,184	0,221	-5,50	5,52	4,11
H – I	5	1,184	0,221	-5,52	5,50	4,10
I – J	5	1,184	0,221	-5,81	6,13	4,23

Nivel 1

Vano	L (m)	CM (Ton/m)	CV (Ton/m)	Momento Sismo E_{nl}	Momento Sismo E_{nr}	V_{uv} (Ton)
F – G	5	1,345	1,104	-9,59	9,51	6,76
G – H	5	1,345	1,104	-9,42	9,42	6,80
H – I	5	1,345	1,104	-9,42	9,42	6,80
I – J	5	0,808	0,552	-9,51	9,59	3,83

MARCO H

Nivel 2

Vano	L (m)	CM (Ton/m)	CV (Ton/m)	Momento Sismo E_{nl}	Momento Sismo E_{nr}	V_{uv} (Ton)
7 – 8	6	1,535	0,266	-7,35	6,64	6,09
8 – 9	7	1,655	0,295	-5,38	5,42	8,00
9 – 10	7	1,655	0,295	-5,86	6,26	8,10

Continuación tabla XXXVII.

Nivel 1

Vano	L (m)	CM (Ton/m)	CV (Ton/m)	Momento Sismo E_{nl}	Momento Sismo E_{nr}	V_{uv} (Ton)
7-8	6	1,729	1,332	-12,63	11,90	9,98
8-9	7	1,871	1,477	-9,59	9,60	13,03
9-10	7	1,871	1,477	-10,32	11,03	13,23

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Cortante último en columnas – marco 9 y H**

MARCO 9									
Nivel 2					Nivel 1				
Vano	L (m)	Momento Sismo E_{nt}	Momento Sismo E_{nb}	$V_{u\ col}$ (Ton)	Vano	L (m)	Momento Sismo E_{nt}	Momento Sismo E_{nb}	$V_{u\ col}$ (Ton)
A-F	4	8,15	4,23	3,09	F-K	5,5	10,15	25,33	6,45
B-G	4	-11,41	-7,20	-4,65	G-L	5,5	-11,85	-26,01	-6,88
C-H	4	-11,02	7,00	-1,01	H-M	5,5	11,92	26,01	6,90
D-I	4	11,34	-8,13	0,80	I-N	5,5	-12,80	-26,48	-7,14
E-J	4	-9,23	-2,64	-2,97	J-O	5,5	-10,14	-25,13	-6,41
MARCO H									
Nivel 2					Nivel 1				
Vano	L (m)	Momento Sismo E_{nt}	Momento Sismo E_{nb}	$V_{u\ col}$ (Ton)	Vano	L (m)	Momento Sismo E_{nt}	Momento Sismo E_{nb}	$V_{u\ col}$ (Ton)
7-11'	4	10,61	6,70	4,33	11'-15'	5,5	12,20	21,60	6,15
8-12'	4	13,04	7,46	5,13	12'-16'	5,5	15,58	23,27	7,06
9-13'	4	11,59	6,19	4,44	13'-17'	5,5	13,94	22,49	6,62
10-14'	4	-14,26	-10,59	-6,21	14'-18'	5,5	-15,52	-23,23	-7,05

Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Diseño estructural

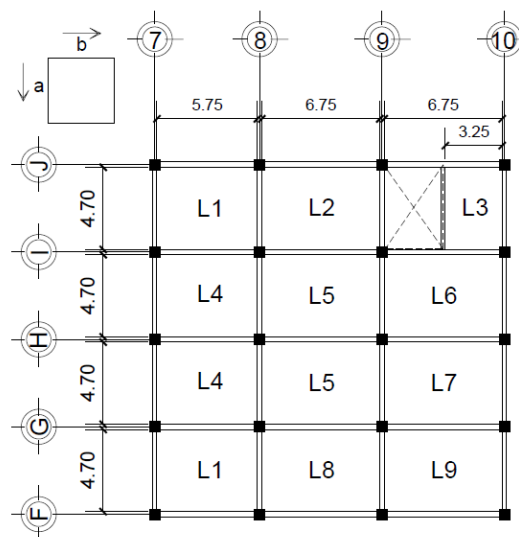
De acá en adelante se procede a detallar el diseño estructural de cada elemento estructural.

2.1.6.1. Losas

El diseño presentado a continuación corresponde al primer nivel, por ser el que soporta mayores cargas. Se considera como lado al lado corto en el sentido del eje Y y b el lado largo en dirección del eje X.

Nótese que las longitudes de las losas presentadas en la figura 42 están medidas a rostros; por ello tendrán una longitud de diseño de entre 5,75 m, 6,75 m y 4,70 m. En total hay nueve tipos de losa según la condición de continuidad en los bordes soportados, nombradas como: L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8 y L9.

Figura 42. Losas primer nivel – módulo B3



Fuente: elaboración propia.

2.1.6.1.1. Diseño de losa crítica

Para el diseño de las losas se empleará el método 3 del ACI 1963³⁶ amparado bajo el numeral 13.5.1 del código 318-08, que indica que un sistema de losa puede diseñarse utilizando cualquier procedimiento, siempre y cuando se demuestre que la resistencia de diseño es por lo menos igual a la resistencia requerida.

Por medio del método 3 se calculan los momentos negativos M^- y positivos M^+ :

$$M^- = c \times W \times l^2$$
$$M^+ = c_1 \times CM \times l^2 + c_2 \times CV \times l^2$$

Donde,

c :	Coficiente de momento negativo
c_1 :	Coficiente de momento positivo por carga muerta
c_2 :	Coficiente de momento positivo por carga viva
l :	Longitud de luz libre del miembro, en el lado analizado

Las tablas de los coeficientes de momentos que se emplean en este método se presentan en la sección de anexos. Se detalle como ejemplo el diseño de la losa L5.

- Ejemplo: diseño de losa L5.

Lado menor a:	4,70 m
Lado mayor b:	6,75 m

³⁶ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 375.

Relación a / b: $4,70/6,75 = 0,70 \rightarrow$ losa en dos sentidos

El espesor es: $t = (2 \times 4,70 + 2 \times 6,75) / 180 = 0,13 \text{ m}$

De la integración de cargas gravitacionales para el nivel 1, tenemos que:

$$w_{cm} = CM = 487 \text{ kg/m}^2 \text{ y } CV = 500 \text{ kg/m}^2$$

Las cargas factoradas de diseño son:

Carga muerta:	$1,2 \times 487$	=	$584,40 \text{ kg/m}^2$
Carga viva:	$1,6 \times 500$	=	$800,00 \text{ kg/m}^2$
Carga total W		=	$1\,384,40 \text{ kg/m}^2$

De la figura 42, se ve que la losa L5 tiene continuidad en los cuatro lados, por lo que representa un caso No. 2³⁷. De ello, los momentos en lado corto son:

$$M_a^- = 0,074 \times 1\,384,40 \times 4,70^2 = 2\,263,02 \text{ kg} - \text{m}$$
$$M_a^+ = 0,030 \times 584,40 \times 4,70^2 + 0,049 \times 800 \times 4,70^2 = 1\,253,21 \text{ kg} - \text{m}$$

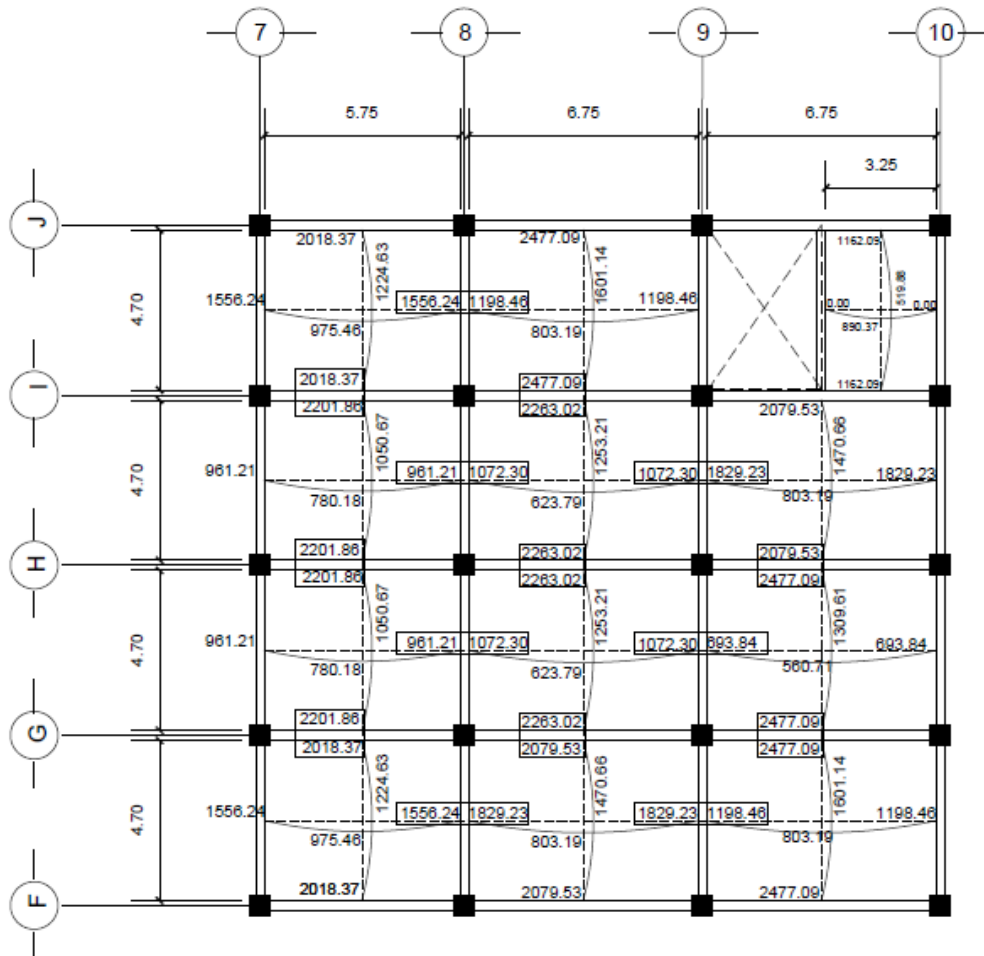
Los momentos en el lado largo b son:

$$M_b^- = 0,017 \times 1\,384,40 \times 6,75^2 = 1\,072,30 \text{ kg} - \text{m}$$
$$M_b^+ = 0,007 \times 584,40 \times 6,75^2 + 0,012 \times 800 \times 6,75^2 = 623,79 \text{ kg} - \text{m}$$

En la figura siguiente se muestran los diagramas de momentos.

³⁷ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 378.

Figura 43. Diagramas de momentos en losas – primer nivel



Fuete: elaboración propia.

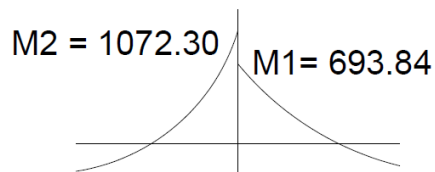
En donde existen valores distintos de momentos debe realizarse un balance entre ellos. Se identifica como M1 al momento de menor magnitud y M2 al de mayor valor. El momento balanceado será igual al promedio de ambos, siempre y cuando se cumpla que $M1 > 0,8M2$. Por el contrario, si $M1 < 0,8M2$, el momento balanceado resulta de aplicar el método de rigideces.

De tal forma que al balancear los momentos entre la losa L5 y L7 (en el sentido largo) que se presentan en la figura 43, se tiene:

$$693,84 > 0,8 \times 1\,072,30 \text{ kg} - m$$

$$693,84 \neq 857,84 \text{ kg} - m \Rightarrow \text{Balancear por rigidez}$$

Figura 44. **Diagrama momentos losa L5 y L7**



Fuete: elaboración propia.

Si la rigidez de las losas es:

Los factores de distribución de las losas:

$$L7 \quad K1 = 1/L = 1/6,75 = 0,15$$

$$D1 = 0,15/0,30 = 0,5$$

$$L5 \quad \underline{K2 = 1/L = 1/6,75 = 0,15}$$

$$\underline{D2 = 0,15/0,30 = 0,5}$$

$$\Sigma \text{ rigidez} = 0,30$$

$$\Sigma \text{ factores} = 1$$

El momento balanceado es entonces:

$$MB = M1 + [(M2 - M1) \times D1]$$

$$MB = M2 - [(M2 - M1) \times D2]$$

$$MB = 693,84 + [(1\,072,30 - 693,84) \times 0,5]$$

$$MB = 1\,072,30 - [(1\,072,30 - 693,84) \times 0,5]$$

$$MB = 883,07 \text{ Kg} - m$$

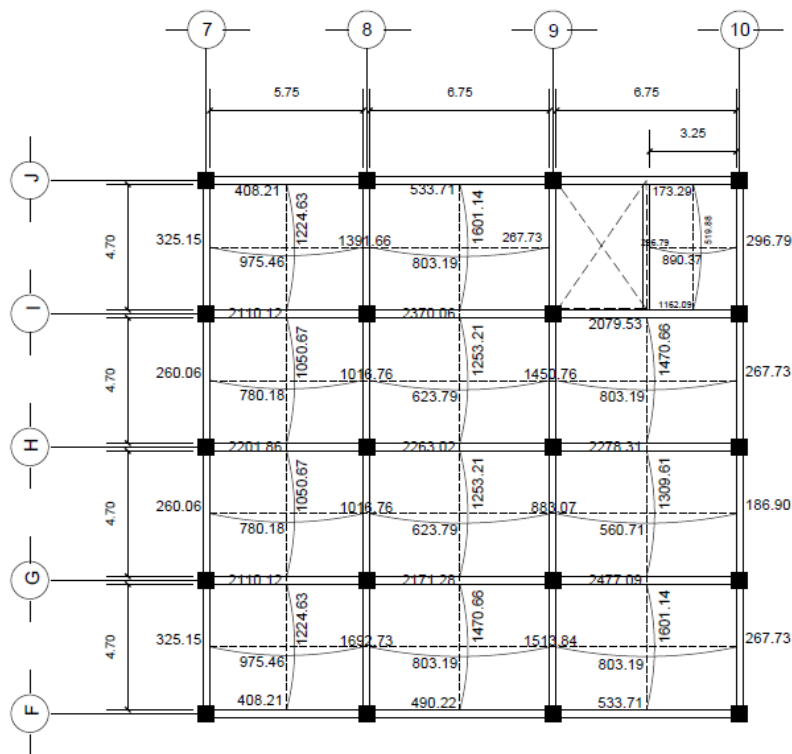
$$MB = 883,07 \text{ Kg} - m$$

Los momentos negativos en bordes discontinuos pueden considerarse iguales a un tercio de los momentos positivos para la misma dirección³⁸. Para la losa L2 el momento negativo M_a^- , es:

$$M_a^- = \frac{1}{3} (1\ 601,14) = 533,71\ kg - m$$

De la misma forma se balancean y se determinan los momentos negativos en bordes discontinuos para las losas restantes, tal como se muestra en la figura 45.

Figura 45. Diagrama de momentos balanceados en losas – primer nivel



Fuente: elaboración propia.

³⁸ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 377.

Ahora bien, para determinar el área de acero en las losas es necesario iniciar calculando el peralte efectivo. Si el espesor de la losa es de 13 cm, al considerar el numeral 20.6.1.3.1 del ACI 318S-14 que especifica el recubrimiento mínimo para losas de concreto (2 cm) y utilizando una barra de refuerzo No.3 ($\phi = 0,95$ cm), tenemos que:

$$d = 13 - 2 - (0,95/2) = 10,52 \text{ cm}$$

Del numeral 9.6.1.2 del ACI 318S-14, el área de acero mínimo $A_{s_{min}}$ es:

$$A_{s_{min}} = 14bd/f_y$$

Considerando b, como el ancho de una franja unitaria igual a 100 cm. Además, $f_y = 4\ 200$ kg/cm² y $f'_c = 280$ kg/cm².

Entonces el área de acero mínimo para la losa debe ser:

$$A_{s_{min}} = 14 \times 100 \times \frac{10,52}{4\ 200} = 3,51 \text{ cm}^2$$

La separación máxima del refuerzo S_{max} para una losa estructural debe ser igual a tres veces el espesor (3t), pero no mayor a 45 cm³⁹.

$$S_{max} = 3 \times 13 = 39 \text{ cm.}$$

Como se escogió preliminarmente un refuerzo No.3 ($A = 0,71$ cm²), la separación para dicha área de acero es:

³⁹ Instituto Americano de Concreto. ACI 318-14. p. 97.

$$S = A_{No.barra} \times \frac{b}{A_{S_{min}}} = 0,71 \times \frac{100}{3,51} = 20,23 \text{ cm} < 39 \text{ cm}$$

Debido a que el espaciamiento es menor al valor máximo, se utilizará un valor de $S = 20 \text{ cm}$. Ahora, se calcula el área de acero y se compara con el $A_{S_{min}}$.

$$A_{S_{No.3}} = 0,71 \times \frac{100}{20} = 3,55 \text{ cm}^2 > A_{S_{min}}$$

Para calcular el momento que resiste el área de acero $A_{S_{min}} = 3,51 \text{ cm}^2$, se aplica la siguiente fórmula:

$$M_{A_{S_{min}}} = 0,9 \left[A_{S_{min}} \times f_y \left(d - \left(\frac{A_{S_{min}} \times f_y}{1,7 b f'_c} \right) \right) \right]$$

$$M_{A_{S_{min}}} = 0,9 \left[3,51 \times 4\,200 \left(10,52 - \left(\frac{3,51 \times 4\,200}{1,7 \times 100 \times 280} \right) \right) \right]$$

$$M_{A_{S_{min}}} = 135\,468,14 \text{ kg} - \text{cm} = 1\,354,68 \text{ kg} - \text{m}$$

Despejando para A_s de la fórmula anterior y sustituyendo el valor de cada momento mostrado en la figura 45, se construye la tabla siguiente, indicando los valores de área requerida y espaciamiento por cada uno.

De los datos presentados en la tabla XXXIX se observa que hay momentos que requieren un espaciamiento de 11 cm y otros de hasta 31 cm; sin embargo, considerando que se toman en cuenta factores de seguridad, se sacará un promedio de todos los valores de espaciamiento, por lo que se utilizará un valor igual a 15 cm. Por consiguiente, el refuerzo para el armado de todas las losas del primer nivel, en ambas direcciones, será varillas No.3 @ 0,15 m, con un doblamiento hacia arriba a 45° en el punto L/5.

Tabla XXXIX. **Área de acero y espaciamiento - momentos en losas**

M_u (kg – m)	$As_{req}(cm^2)$	$S_{Calculado}$ (m)	$S_{usar}(m)$
2 477,09	6,59	0,11	0,15
2 370,06	6,29	0,11	0,15
2 278,31	6,03	0,12	0,15
2 171,28	5,74	0,12	0,15
2 110,12	5,57	0,13	0,15
1 692,73	4,42	0,16	0,15
1 513,84	3,94	0,18	0,15
1 450,76	3,77	0,19	0,15
1 391,66	3,61	0,20	0,15
1 016,76	2,61	0,27	0,15
883,07	2,26	0,31	0,15

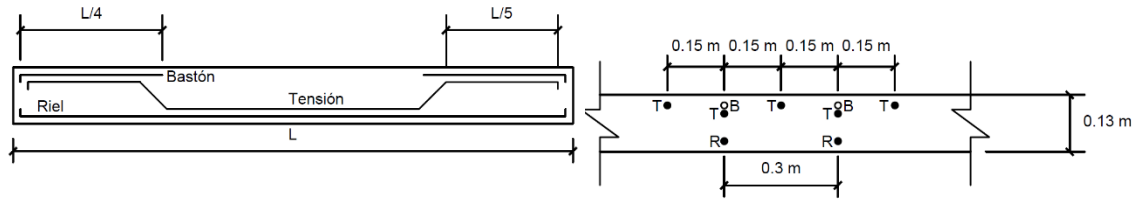
Fuente: elaboración propia.

En losas estructurales debe colocarse además un refuerzo para resistir los esfuerzos debidos a retracción y temperatura (As_t), según lo especificado en el numeral 24.4.3.2 del ACI 318S-14, utilizando barras Grado 60 ($f_y = 4\ 200\text{ kg/cm}^2$). La cuantía no debe ser menor a $\rho = 0,0018$; la separación mayor debe ser cinco veces el espesor de la losa, pero no mayor a 450 mm. Por lo tanto, tenemos que:

$$As_t = \rho b d = 0,0018 \times 100 \times 10,52 = 1,89\text{ cm}^2$$

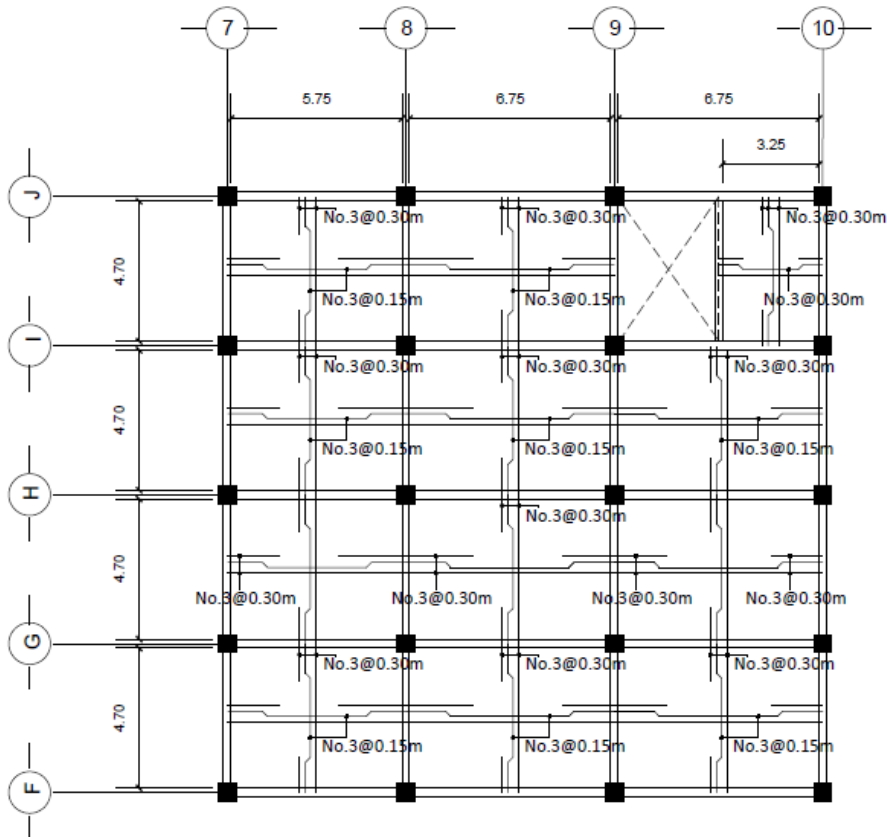
Si se proponen nuevamente barras corrugadas No.3 con una separación de 0,30 m, tenemos: $As_{No.4} = 2,37\text{ cm}^2 > As_t$. Entonces, el refuerzo de retracción y temperatura (refuerzo conocido como riel) son barras No.3 @ 0,30 m. De igual forma se proponen bastones No.3 @ 0,30 m, cuya longitud mínima debe ser L/4.

Figura 46. Sección transversal de losas del primer nivel



Fuente: elaboración propia.

Figura 47. Detalle armado de losas del primer nivel

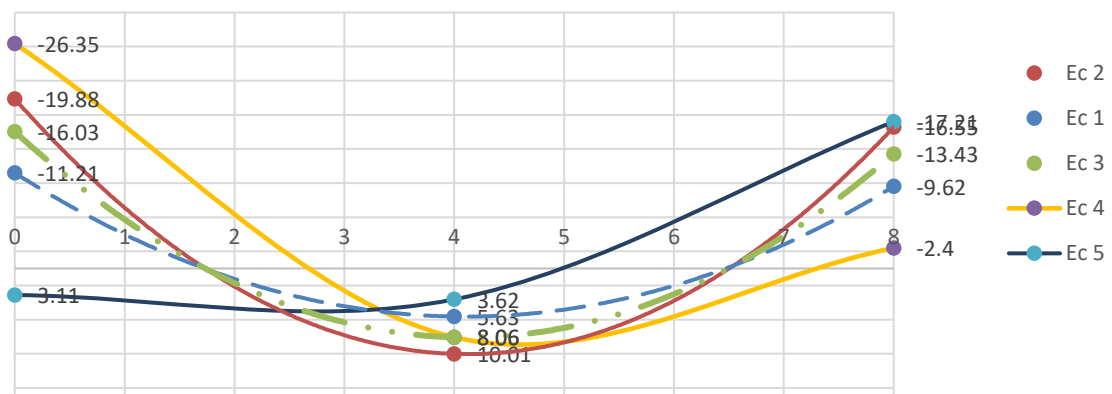


Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2. Diseño de viga crítica

Al comparar los valores de la envolvente de momento en vigas de los marcos 9 y H, como se observa en la tabla XXIX y XXXI, los mayores valores se dan en el primer nivel del marco H. El diseño de las vigas se hará en base a los valores máximos de la envolvente de momento de dicho marco, los cuales ocurren sobre la viga 9 – 10. Gráficamente los valores de la tabla XXXI, se muestran en la figura 48. Todos los valores están dados en Ton – m.

Figura 48. **Envolvente de momento viga 9 – 10 del marco H, nivel 1**



Fuente: elaboración propia.

Las barras de refuerzo para el diseño de las vigas se consideran con una resistencia $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$ y el concreto con $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Del predimensionamiento, las vigas principales en el sentido X, tienen una sección transversal de 0,60 m en altura y 0,30 m de base.

Se propone utilizar barras No. 7 ($\varnothing = 2,22 \text{ cm}$) para el refuerzo longitudinal y No. 3 ($\varnothing = 0,95 \text{ cm}$) para el refuerzo transversal.

Para vigas, el recubrimiento mínimo del refuerzo es de 4 cm⁴⁰, por lo que el peralte efectivo d , es:

$$d = 60 \text{ cm} - 4 \text{ cm} - 0,95 \text{ cm} - (2,22 \text{ cm}/2) \approx 54 \text{ cm}$$

De la sección 9.6.1.2 del ACI 318S-14, tenemos que la cuantía mínima de acero debe ser mayor al valor mínimo obtenido de las siguientes relaciones:

$$A_{s_{min}} = \frac{14 \times b \times d}{f_y} = \frac{14 \times 30 \times 54}{4\ 200} = 5,40 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \times b \times d = \frac{0,8 \times \sqrt{280}}{4\ 200} \times 30 \times 54 = 5,16 \text{ cm}^2$$

De lo indicado en el numeral 18.6.3.1, la cuantía máxima de acero para las vigas de pórticos especiales es:

$$A_{s_{max}} = 0,025 \times b \times d = 0,025 \times 30 \times 54 = 40,5 \text{ cm}^2$$

Así establecidos los límites mínimo y máximo para el área de acero, se procede a calcular el área requerida por los momentos máximos de la figura 48, con la siguiente ecuación formulada con base en las suposiciones de diseño del código⁴¹. Los resultados se presentan en la tabla XL.

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

⁴⁰ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 356.

⁴¹ *Ibíd.* p. 369.

Tabla XL. **Área de acero requerido para momentos en viga 9 – 10**

M_u (Kg – m)	A_s (cm ²)	Sección
26 350	13,97	M (-) izq. Flexión negativa
3 110	1,54	M (+) izq. Flexión positiva
10 010	5,04	M (centro) Flexión positiva
17 210	8,86	M (-) der. Flexión negativa
2 400	1,18	M (+) der. Flexión positiva

Fuente: elaboración propia.

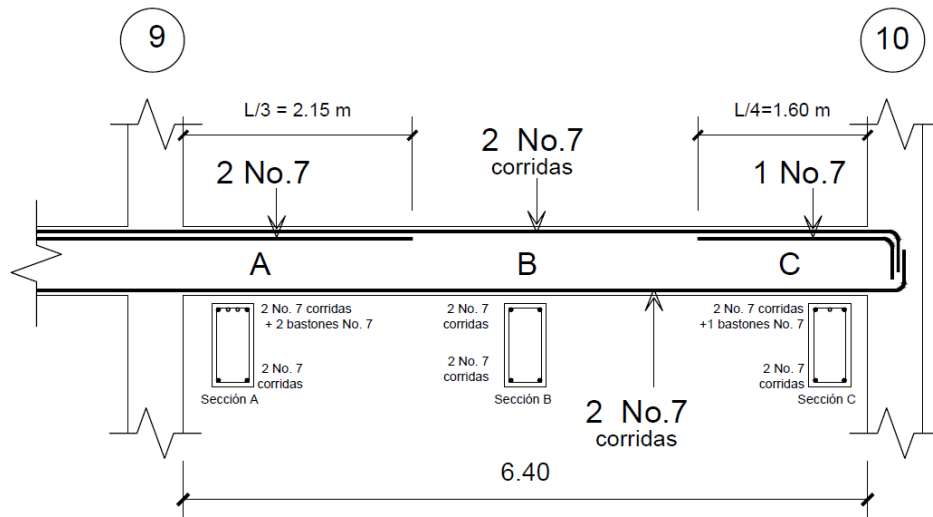
Debido a que todos los momentos máximos de la viga 9 – 10 requieren un área de acero menor al acero máximo ($A_{s,max} = 40,5 \text{ cm}^2$), la viga se considera simplemente reforzada. Las vigas deben tener al menos dos barras de refuerzo, colocadas de forma continua tanto en la parte superior e inferior de la viga, cuyo valor no debe ser menor al acero mínimo⁴².

Si se utiliza para el refuerzo longitudinal barras No. 7 ($A_{s_{No.7}} = 3,87 \text{ cm}^2$), con las dos barras que indica el ACI, obtenemos un área de $7,74 \text{ cm}^2$. En aquellas secciones donde se requiera más área de acero de las que proporcionan las dos barras corridas, se colocarán barras No.7 con una longitud igual a L/4 para las vigas exteriores y L/3 para vigas interiores; en ambos casos, dicha longitud se extiende del rostro de las columnas hacia el centro de la viga⁴³. Estas últimas son conocidas comúnmente como bastones.

⁴² NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 292.

⁴³ *Ibíd.* p. 180.

Figura 49. Armado longitudinal de viga 9 – 10, nivel 1



Fuente: elaboración propia.

Ahora debe considerarse el refuerzo transversal de la viga, el cual resiste parte de la acción de la fuerza cortante y restringe la formación de agrietamiento inclinado. La otra parte de la resistencia a corte la proporciona el concreto. Debe suponerse que, bajo las condiciones estáticas de la viga, actúan momentos opuestos en los extremos de ella correspondientes a la resistencia probable M_{pr} y que la viga está sometida a cargas gravitacionales mayoradas a lo largo de toda la luz. La resistencia probable o máximo momento probable, considera un incremento del 25 % en la resistencia del refuerzo, es decir, $1,25fy^{44}$.

Si analizamos el refuerzo de la cama superior izquierda (refuerzo equivalente a: 4 No. 7) de la viga 9 – 10, tenemos que el área de acero es de $15,48 \text{ cm}^2$, lo que daría los siguientes valores para el bloque “a” y máximo momento probable:

⁴⁴ Instituto Americano de Concreto. ACI 318-14. p. 295.

$$a = \frac{1,25 \times f_y \times A_s}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1,25 \times 4\,200 \times 15,48}{0,85 \times 280 \times 30} = 11,38 \text{ cm}$$

$$M_{pr_1} = 1,25 f_y A_s \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1,25 \times 4\,200 \times 15,48 \left(54 - \frac{11,38}{2} \right) = 39\,261,54 \text{ kg} - m$$

Del refuerzo de la cama inferior derecha, el área de acero correspondiente es de 7,74 cm² (2 No.7), por lo que el máximo momento probable es:

$$a = \frac{1,25 \times 4\,200 \times 7,74}{0,85 \times 280 \times 30} = 5,69 \text{ cm}$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \times 4\,200 \times 7,74 \left(54 - \frac{5,69}{2} \right) = 20\,786,83 \text{ kg} - m$$

La fuerza cortante de diseño V_e , viene dada por:

$$V_e = \frac{M_{pr_1} + M_{pr_2}}{L_n} \pm \frac{W L_n}{2}$$

Donde,

L_n : Luz de la viga comprendida entre las caras de las columnas (0,6 m x 0,6 m). $L_n = 7\text{ m} - 0,6\text{ m} = 6,4\text{ m}$

W : Cargas gravitacionales mayoradas sobre la viga. Del cual, $W = 1,2 \times CM + 1,0 \times CV + 0,2 \times (CM + CV)$

Los valores de las cargas muertas y vivas, para calcular la carga mayorada W , se obtienen de las figuras 18 y 19. De ella: $CM = 1,871\text{ Ton/m}$ y $CV = 1,477\text{ Ton/m}$. Por consiguiente:

$$W = 1,2(1,871) + 1(1,477) + 0,2(1,871 + 1,477) = 4,39\text{ Ton/m} = 4\,390,00\text{ kg/m}$$

Las fuerzas cortantes de diseño en los extremos de la viga son:

$$V_{e1} = \frac{39\,261,54 + 20\,786,83}{6,4} + \frac{4\,390,00 \times 6,4}{2} = 23\,430,56 \text{ kg (+)}$$

$$V_{e2} = \frac{39\,261,54 + 20\,786,83}{6,4} - \frac{4\,390,00 \times 6,4}{2} = 4\,665,44 \text{ kg (-)}$$

Se observa que el cortante V_{e1} es mayor, por lo que para fines prácticos de diseño, lo nombraremos como V_{max} .

Deben disponerse estribos de confinamiento en una longitud igual a dos veces la altura de la viga, medida desde la cara de la columna hacia el centro de la luz⁴⁵. Derivado de lo anterior, si la altura de la viga es de 0,60 m, la longitud de confinamiento debe ser de 1,20 m.

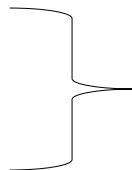
Así mismo, se establece que el primer estribo debe estar a no más de 5 cm de la cara de la columna. La separación máxima en la zona de confinamiento, no debe exceder del menor de los siguientes: a) $d/4$, b) seis veces el diámetro más pequeño del refuerzo longitudinal (en este caso No.7) y c) 15 cm⁴⁶.

Considerando lo anterior,

a) $54/4 = 13,50 \text{ cm}$

b) $6 \times 2,22 = 13,32 \text{ cm}$

c) 15 cm



$S_{max} = 13,32 \text{ cm}$

⁴⁵ Instituto Americano de Concreto. ACI 318-14. p. 294.

⁴⁶ *Ibíd.*

Para una determinada longitud x sobre la luz de la viga el cortante viene dado por: $V_{f(x)} = V_{max} - (x)(W)$. De esta última se determina que el cortante para la longitud de confinamiento $2h$ corresponde a:

$$V_{2h} = 23\,430,56 - (1,2 \times 4\,390) = 18\,162,56 \text{ kg}$$

Mediante la expresión del numeral 22.5.10.5.3 del ACI 318S-14, al resolver para el espaciamiento s con un valor de corte en particular ($V_{f(x)}$).

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_{f(x)}}$$

Donde:

- s : Espaciamiento longitudinal de los estribos.
- ϕ : Factor de reducción de resistencia igual a 0,85.
- A_v : Área de refuerzo de cortante que tocaría una falla. En este caso como se proponen estribos No.3, y una falla tocaría en dos ocasiones el estribo, $A_v = 1,42 \text{ cm}^2$.

El espaciamiento de estribos hasta la zona de confinamiento $2h$, despreciando la capacidad de corte del concreto, según lo permitido en 18.6.5.2 del ACI 318S-14, es igual a:

$$s = \frac{0,85 \times 1,42 \times 4\,200 \times 54}{18\,162,56} = 15,07 \text{ cm} \rightarrow \text{Mayor al } S_{max}$$

Puesto que este valor del espaciamiento es mayor al máximo (13,32 cm), se dispondrá colocar los estribos a cada 10 cm, en la longitud de 1,2 m, para ambos extremos de la viga.

Más allá de la zona de confinamiento debe considerarse la capacidad de corte del concreto. Si la resistencia al corte V la compone la capacidad de corte del concreto (V_C) y del acero (V_S), dicha fuerza se representa como: $V = V_S + V_C$.

De la ecuación 22.5.5.1 del ACI 318S-14, la resistencia al cortante proporcionada por el concreto con $\lambda = 0,85$, es:

$$V_C = 0,53\lambda\sqrt{f'_c}bd = 0,53 \times 0,85 \times \sqrt{280} \times 30 \times 54 = 12\,212,06 \text{ kg}$$

Al analizar la resistencia al corte en una longitud arbitraria, más allá de la zona de confinamiento, por ejemplo, a 1,9 m, se obtiene que:

$$V_{f(x=1,9)} = V = 15\,089,56 \text{ kg}.$$

Despejando para V_S de la ecuación de resistencia al corte V , tenemos que:

$$V_S = V - V_C \quad \text{pero } V_{Smin} \leq 3,52 \text{ kg/cm}^2 \times bd$$

$$V_S = 15\,089,56 - 12\,212,06 = 2\,877,5 \text{ kg} \neq 5\,702,40 \text{ kg}$$

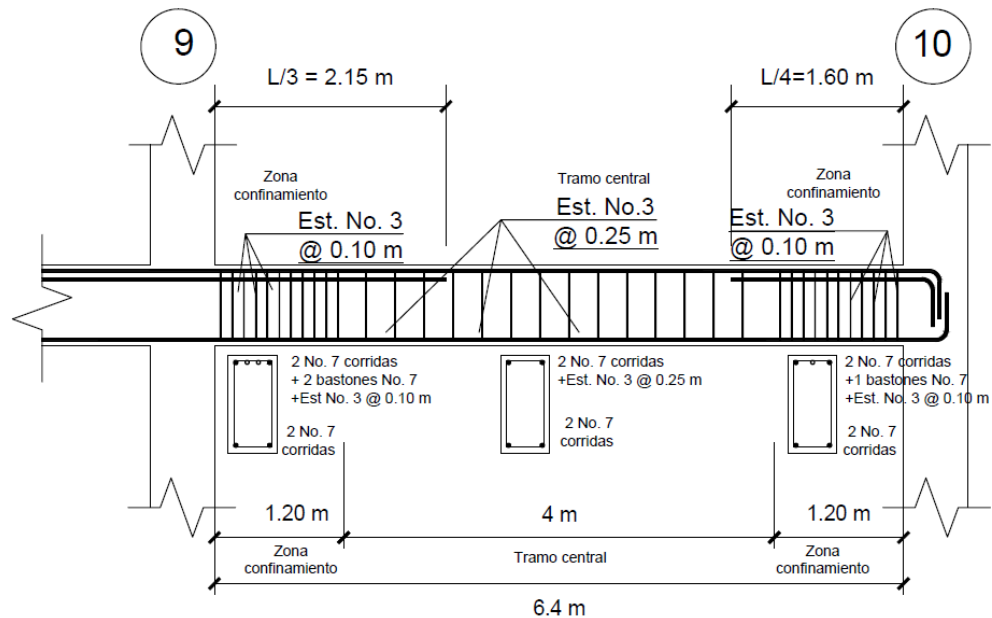
El valor de V_S no cumple con la condición presentada. Por lo que se debe utilizar el valor mínimo, $V_S = 5\,702,40 \text{ kg}$, para este valor:

$$s = \frac{0,85 \times 1,42 \times 4\,200 \times 54}{5\,702,40} = 48,00 \text{ cm} \neq d/2$$

Fuera de la zona de confinamiento, el espaciamiento para los estribos no debe sea más de $d/2^{47}$, en este caso, no mayor a 27 cm; por lo que, para estar abajo del valor máximo, se utilizará 25 cm.

En conclusión, el armado del refuerzo transversal para la viga 9 – 10 del primer nivel, utilizando barras No.3 queda de la siguiente manera: el primer estribo a una distancia de 0,05 m del rostro de la columna; en la zona de confinamiento (1,2 m) a cada 0,10 m y el resto a 0,25 m. Lo anterior se muestra en la figura 50.

Figura 50. **Detalle refuerzo transversal en viga 9 – 10, nivel 1**



Fuente: elaboración propia.

⁴⁷ Instituto Americano de Concreto. *ACI 318-14*. p. 295.

2.1.6.3. Columnas

Para el diseño de las columnas se empleará el método de análisis de compatibilidad de deformaciones y diagramas de interacción de resistencias⁴⁸ e información del numeral 10.4.2 y 10.5.2 del ACI 318S-14. La columna a diseñar es aquella donde se intercepta el marco 9 (eje X) y marco H (eje Y).

Para iniciar se necesita el valor de la carga axial última PU_{total} y momento último MU_{total} que actúa en dicha columna. El valor de PU_{total} corresponde a la sumatoria de los valores de cortante último que intervienen en el nudo de la columna, tanto en el eje X como para el eje Y. De la tabla XXXVI se tiene:

		Marco 9 (eje X)		Marco H (eje Y)		
Nivel 2	$V_{ucol}:$	(4,11 + 4,10)	+	(8,00 + 8,10)	=	24,31 Ton
Nivel 1	$V_{ucol}:$	(6,80 + 6,80)	+	(13,03 + 13,23)	=	39,86 Ton
				PU_{total}	=	64,17 Ton

El momento último MU_{total} , se obtiene del valor máximo de la envolvente de momentos. De las tablas XXXIII y XXXV se tiene:

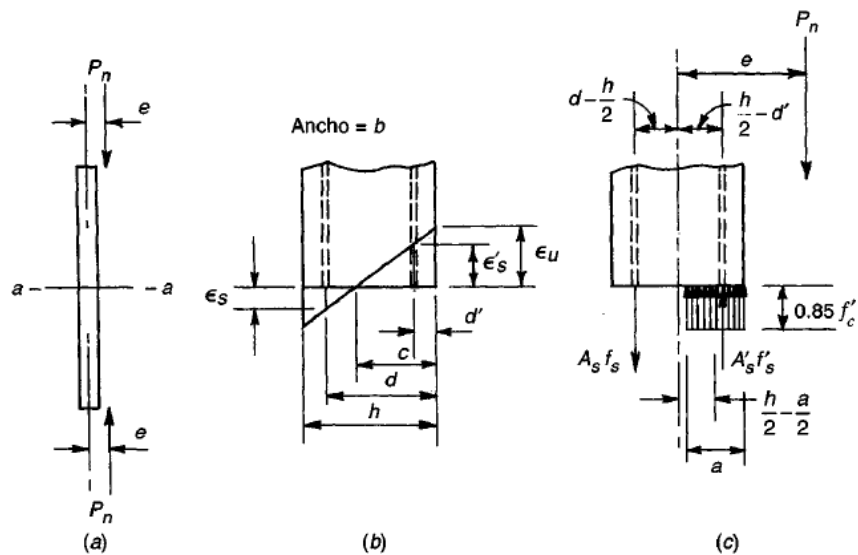
Eje X	$MU_{max}:$	11,92 Ton
Eje Y	MU_{max}	13,94 Ton

Antes de entrar de lleno en el diseño de la columna, se deben repasar algunos conceptos de la distribución de deformaciones unitarias en una columna sometida a compresión por una fuerza P_n , aplicada con una excentricidad e .

⁴⁸ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 250.

En una sección cualquiera de una columna que soporta una fuerza de compresión, la distribución de deformaciones unitarias para un estado de falla actúa como se ilustra en la figura 51.

Figura 51. **Distribución de deformaciones unitarias en columna**



Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*, p. 250.

De las suposiciones de diseño, si una sección plana permanece plana aún bajo la acción de fuerzas, las deformaciones unitarias en el concreto cambian linealmente con la distancia desde el eje neutro c , que se mide desde el lado más cargado de la columna. Las deformaciones del acero en cualquier sitio de la sección son iguales que las deformaciones del concreto adyacente. Quiere decir que si la deformación máxima del concreto es ϵ_u , la de las barras de acero más cercanas a la carga es ϵ'_s , mientras que en lado opuesto, más alejado de la carga, es ϵ_s , ver figura 51b.

El área de acero a compresión es igual a A'_s y la del acero a tensión es A_s , localizadas a una distancia d' y d , respectivamente, medidas desde la cara a compresión. Los esfuerzos y fuerzas se muestran en la figura 51c.

Para que exista equilibrio entre fuerzas axiales internas y externas del elemento, se genera la siguiente expresión:

$$P_n = 0,85f'_c ab + A'_s f'_s - A_s f_s$$

De igual manera, el momento con respecto a la línea central de la sección de ser igual y opuesto al momento de la fuerza externa, por lo que:

$$M_n = P_n e = 0,85f'_c \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) - A_s f_s \left(d - \frac{h}{2} \right)$$

Ahora bien, para comprender mejor el comportamiento estructural de la columna con una carga P_n y excentricidad e , se puede construir la gráfica del diagrama de interacción de resistencia, la cual define la carga y el momento de falla para una columna en un intervalo completo de excentricidades desde cero hasta el infinito, con una sección y armado respectivo. Idealmente, se requiere que, bajo la acción de una carga a compresión con una excentricidad dada, ocurra un momento tal, que se encuentre dentro de la zona de falla balanceada, entendiendo como falla balanceada aquella que ocurre cuando el concreto a compresión falla y simultáneamente lo hace el acero a tensión.

El acero falla a tensión cuando su esfuerzo es igual al punto de fluencia, $f_s = f_y$ y el concreto falla a compresión cuando ocurre una máxima deformación unitaria en la fibra extrema sometida a compresión igual a $\varepsilon_u = 0,003$.

De acuerdo con la ley de Hooke, la deformación unitaria en el acero ε_s es inversamente proporcional al esfuerzo en el acero f_y y su módulo de elasticidad E_s . Si se tiene que $f_y = 4\,200\text{ kg/cm}^2$ y $E_s = 2\,000\,000\text{ kg/cm}^2$, ε_s :

$$\varepsilon_s = \frac{f_y}{E_s} = \frac{4\,200\text{ kg/cm}^2}{2\,000\,000\text{ kg/cm}^2} = 0,002$$

Para la columna seleccionada, el diagrama de interacción puede construirse fácilmente si se escogen valores sucesivos de la distancia al eje neutro c , desde el infinito (carga axial con excentricidad 0) hasta un valor muy pequeño encontrado por tanteos para obtener $P_n = 0$ (flexión pura). Para cada valor seleccionado de c , las deformaciones y los esfuerzos en el acero y las fuerzas en el concreto pueden calcularse con las expresiones siguientes. Para el acero a tensión:

$$\varepsilon_s = \varepsilon_u \frac{d - c}{c}$$

$$f_s = \varepsilon_u E_s \frac{d - c}{c} \quad \text{siempre que } f_s \leq f_y$$

Mientras que, para el acero a compresión,

$$\varepsilon'_s = \varepsilon_u \frac{c - d'}{c}$$

$$f'_s = \varepsilon_u E_s \frac{c - d'}{c} \quad \text{siempre que } f'_s \leq f_y$$

Del concepto de la distribución rectangular equivalente de esfuerzos, el bloque de esfuerzos del concreto tiene un espesor: $a = \beta_1 c$. Donde, $\beta_1 = 0,85$, según numeral 22.2.2.4.3 del ACI 318-14. En consecuencia, la resultante a compresión del concreto es:

$$C = 0,85f'_c ab = 0,85f'_c \beta_1 cb$$

La fuerza axial P_n y el momento M_n , correspondientes a la localización seleccionada del eje neutro, pueden calcularse a partir de las expresiones anteriormente descritas.

Además de lo mencionado, se considera que la resistencia del concreto es $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y que el refuerzo está distribuido en las cuatro caras de la columna, equivalente a 8 barras.

Si la sección transversal de la columna es $b \times h$, de las dimensiones propuestas en el predimensionamiento, se tiene: $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} = 3\,600 \text{ cm}^2$. Del numeral 18.7.4.1 del ACI 318S-14, el área de refuerzo longitudinal mínima debe ser al menos $0,01A_g$, donde A_g es el área de la sección transversal, entonces:

$$A_{smin} = \rho bh = 0,01 \times 60 \times 60 = 36 \text{ cm}^2$$

Como se proponen 8 barras No. 8 ($A_{No.8} = 5,1 \text{ cm}^2$), el área de refuerzo generado es $40,80 \text{ cm}^2$. El valor real de la cuantía,

$$\rho = 40,8 \text{ cm}^2 / 3\,600 \text{ cm}^2 = 0,0113 = 1,13 \%$$

Que es mayor al mínimo requerido por el código.

Para fines prácticos se dará un ejemplo del cálculo de la fuerza axial P y M , correspondiente a una localización arbitraria del eje neutro igual a $c = 52,6 \text{ cm}$. El resto de los valores se muestran en la sección de apéndice.

- Ejemplo: diagrama de interacción de resistencia de la columna 9 – H.

Por la distribución de las varillas en la columna, se tiene tres barras No.8 de acero en compresión y tres en tensión. El área de acero respectiva para compresión y tensión es $A'_s = 15,3 \text{ cm}^2$; $A_s = 15,3 \text{ cm}^2$. El área de acero restante está justo en el eje central de la columna, equivalente a $10,2 \text{ cm}^2$. La localización de las barras a compresión es igual a la suma del recubrimiento, $r = 4 \text{ cm}$, por ser columna, según la tabla 20.6.1.3.1 del código ACI 318S-14, más la mitad del diámetro de la barra No.8 ($\theta = 2,54 \text{ cm}$); y d , es igual a la base de la sección transversal menos d' .

$$d' = r + \theta/2 = 4 + (2,54/2) = 5,27 \text{ cm.}$$

$$d = h - d' = 60 - 5,27 = 54,73 \text{ cm}$$

Cuando la excentricidad es igual a cero, la columna está sometida plenamente a compresión, por lo que toda el área de acero actúa en compresión y el momento $M = 0$, por lo que la fuerza axial:

$$P_o = 0,85f'_c A_g + A'_s f_y = 0,85 \times 280 \text{ kg/cm}^2 \times 3600 \text{ cm}^2 + 40,8 \text{ cm}^2 \times 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_o = 1028,16 \text{ Ton}$$

Para un valor del eje neutro igual a $c = 52,6 \text{ cm}$, las deformaciones para las áreas de acero, en la zona de tensión, eje central y compresión, nombradas como ε_1 , ε_2 y ε_3 , respectivamente, se calculan como sigue.

$$\varepsilon_1 = 0,003 \frac{54,73 - 52,6}{52,6} = 0,0001215$$

$$\varepsilon_2 = 0,003 \frac{52,6 - 30}{52,6} = 0,001289$$

$$\varepsilon_3 = 0,003 \frac{52,6 - 5,27}{52,6} = 0,002$$

Los esfuerzos en el acero, respetando la condición de $f_s \leq f_y$,

$$f_1 = 0,0001215 \times 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2 = 243 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_2 = 0,001289 \times 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2 = 2\,578 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_3 = 0,002 \times 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2 = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

La carga axial nominal P_n para este valor de eje neutro, está dada por la sumatoria de las fuerzas axiales internas que aporta cada área de acero P_s y el concreto C ,

$$P_{s1} = 243 \text{ kg/cm}^2 \times 15,3 \text{ cm}^2 = -3\,717,9 \text{ kg (Tensión)}$$

$$P_{s2} = 2\,578 \text{ kg/cm}^2 \times 10,2 \text{ cm}^2 = 26\,295,6 \text{ kg (Compresión)}$$

$$P_{s3} = 4\,200 \text{ kg/cm}^2 \times 15,3 \text{ cm}^2 = 64\,260 \text{ kg (Compresión)}$$

$$C = 0,85 \times 280 \text{ kg/cm}^2 \times 60 \text{ cm} \times 0,85 \times 52,6 \text{ cm} = 638\,458,8 \text{ kg}$$

$$P_n = -3\,717,9 \text{ kg} + 26\,295,6 \text{ kg} + 64\,260 \text{ kg} + 638\,458,8 \text{ kg} = 725,29 \text{ Ton}$$

El momento nominal M_n es la sumatoria de todos los momentos:

$$M_{s1} = -3\,717,9 \text{ kg} \times -\left(54,73 \text{ cm} - \frac{60 \text{ cm}}{2}\right) = 91\,943,67 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_{s2} = 26\,295,6 \text{ kg} \times 0 = 0$$

$$M_{s3} = 64\,260 \text{ kg} \times \left(\frac{60 \text{ cm}}{2} - 5,27 \text{ cm}\right) = 1\,589\,149,8 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$MC = 638\,458,8 \text{ kg} \left(\frac{60 \text{ cm} - (0,85)(52,6 \text{ cm})}{2}\right) = 4\,881\,017,5 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_n = 91\,943,67 + 1\,589\,149,8 + 4\,881\,017,5 = 65,62 \text{ Ton} - \text{m}$$

La excentricidad actuante,

$$e = \frac{65,62 \text{ Ton} - m}{725,29 \text{ Ton}} \times 100 = 9,04 \text{ cm}$$

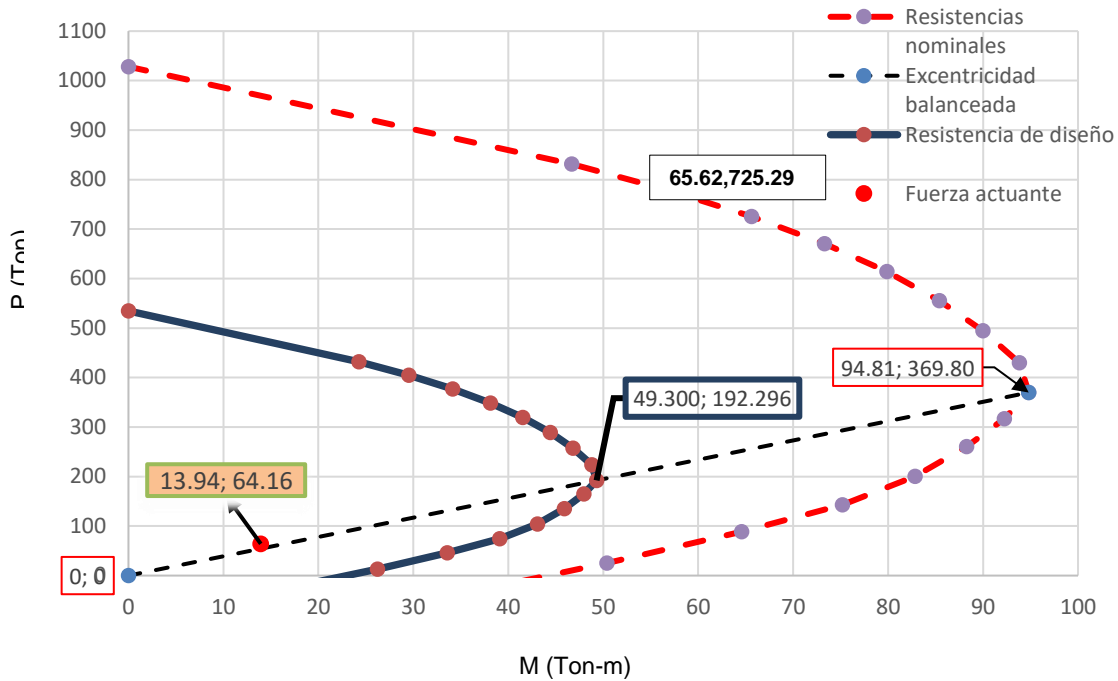
Para estimar la resistencia de diseño, P y M , se aplica un coeficiente de reducción de resistencia $\phi = 0,65$, según tabla 21.2.1 del código ACI 318S-14. Además, para tener en cuenta una excentricidad accidental de cargas no tratadas en el análisis, el código recomienda que la resistencia de diseño se considere al 80 por ciento, esto es: $P = 0,8P_n$, por lo tanto,

$$P = 0,65 \times 0,8 \times 725,29 \text{ Ton} = 377,15 \text{ Ton}$$
$$M = 0,65 \times 0,8 \times 65,62 \text{ Ton} - m = 34,12 \text{ Ton} - m$$

Estos cálculos se repiten para valores sucesivos de la distancia al eje neutro con el fin de establecer la curva del diagrama, como la que se muestra en la figura 52. La curva mayor representa los valores para resistencias nominales y los valores para la resistencia de diseño se muestran en la curva menor.

Así mismo, se muestra una línea diagonal que, al interceptar ambas curvas indica los valores de la carga y el momento que deben actuar para que suceda una falla balanceada. Del análisis estructural, se obtuvo que las cargas de resistencia requerida son: $P_u = 64,17 \text{ Ton}$ y $M_u = 13,94 \text{ Ton} - m$, dichos valores se muestran en la gráfica y se ubican dentro de la línea de proyección de la falla balanceada.

Figura 52. Diagrama de interacción de resistencia



Fuente: elaboración propia.

Como conclusión a la figura 52, se puede afirmar que para la columna crítica, al actuar las cargas de resistencia requerida simultáneamente, obtenidas del análisis estructural, la columna iniciará su falla por fluencia del acero a tensión; sin embargo, dichos valores se encuentran dentro de los límites de resistencia (dibujados por la curva) por lo que es válido utilizar un refuerzo de 8 varillas No.8 distribuidas en las cuatro caras de la columna.

Antes de calcular el refuerzo transversal en las columnas (estribos de confinamiento), el ACI 318-14 indica en el numeral 18.7.5.1 que el refuerzo debe suministrarse en una longitud de confinamiento l_o medida desde la cara del nudo hacia ambos lados de la sección.

Dicha longitud debe ser al menos igual a la mayor de: a) altura de la sección transversal de la columna, b) un sexto de la luz libre de la columna (para este caso: $5,5 \text{ m} - 0,60 \text{ m} = 4,9 \text{ m}$) ó c) $0,45 \text{ m}$. Es decir:

- $0,6 \text{ m}$
- $4,9 \text{ m}/6 = 0,82 \text{ m}$
- $0,45 \text{ m}$

De lo anterior, se propone que la longitud de confinamiento en las columnas sea de $0,80 \text{ m}$ hacia ambos lados de la sección.

El área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares no debe ser menor a: $A_{sh} = (0,09sb_c f'_c)/f_y$, según el numeral 18.7.5.4 (b) del ACI 318-14. De donde, s es el espaciamiento entre el refuerzo transversal y b_c es la dimensión transversal del núcleo medida de centro a centro de las ramas del refuerzo.

Si se proponen varillas No.4 ($\theta_{No.4} = 1,27 \text{ cm}$) para los estribos:

$$b_c = b - 2r - \theta_{est \text{ No.4}} = 60\text{cm} - 2 \times 4\text{cm} - 1,27 = 50,73 \text{ cm}.$$

Si A_{sh} queda en función de s ,

$$A_{sh} = \frac{0,09 \times s \times 50,73\text{cm} \times 280}{4 \ 200} = 0,304s$$

Si el estribo con varilla No.4 aporta dos veces el área y se agrega un eslabón No.4 que aporta una vez el área ($A_{No.4} = 1,29 \text{ cm}^2$), el área total para el refuerzo transversal es $A_{sh} = 3 \times 1,29 \text{ cm}^2 = 3,87 \text{ cm}^2$.

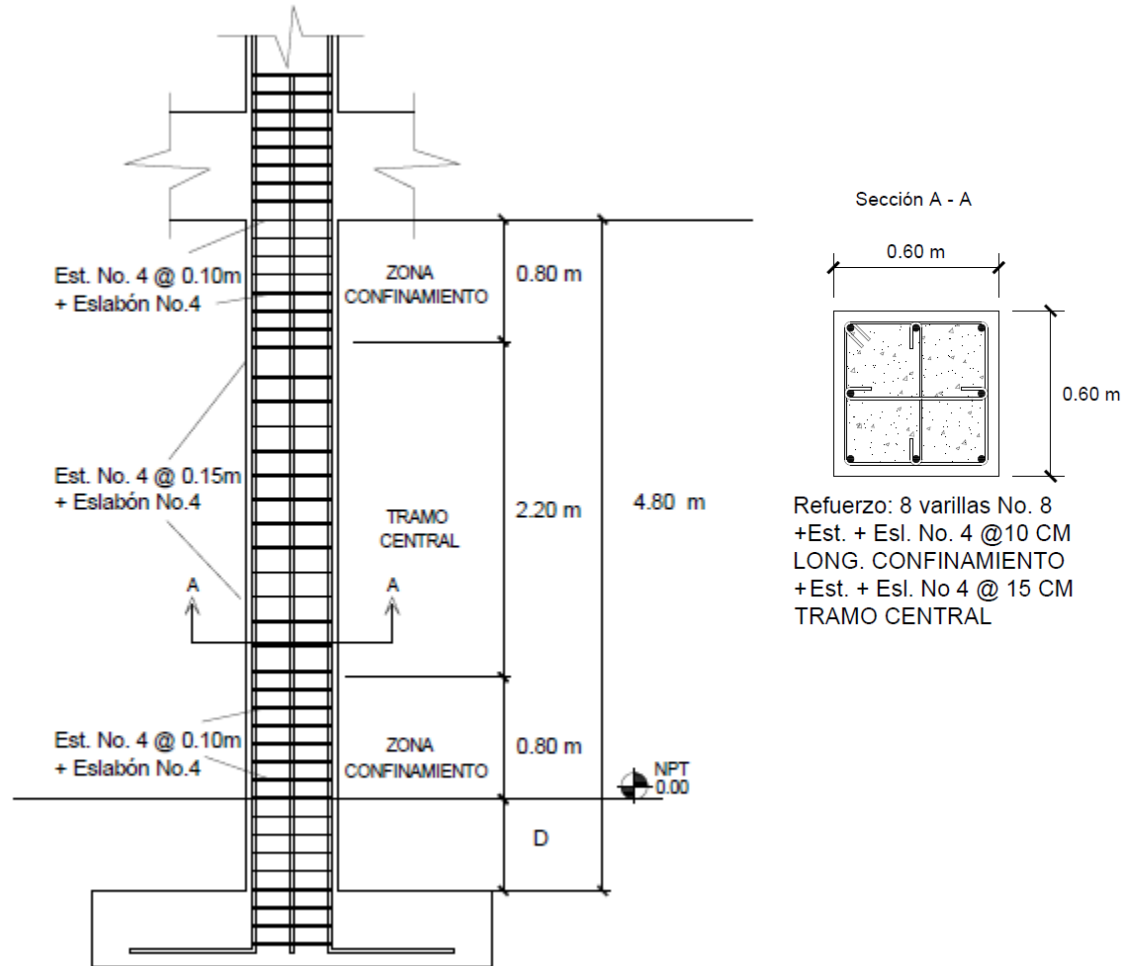
Despejando para s , de la última expresión se obtiene un valor de $s = 12,73 \text{ cm}$. Sin embargo, por facilidad constructiva se utilizará un espaciamiento de 10 cm en la longitud l_o .

Del numeral 18.7.5.5 del ACI 318-14 se permite que más allá de la longitud l_o el espaciamiento de los estribos no exceda al menor de: a) seis veces el diámetro de las barras longitudinales de la columna, en este caso: $6 \times 2,54 \text{ cm} = 15,24 \text{ cm}$ o b) 15 cm.

En conclusión, el armado del refuerzo transversal queda de la siguiente manera: estribos No. 4 + eslabón No. 4 a cada 0,10 m hasta una longitud de 0,80 m; y a cada 0,15 m en el resto de la longitud de la columna. En la figura 53 se detalla el armado de la columna.

Nótese que al incluir los eslabones en las barras intermedias se cumple con lo requerido en el numeral 18.7.5.2 (e) del ACI 318S-14, el cual indica que el espaciamiento de las ramas de los estribos de confinamiento no debe exceder de 35 cm, medido de centro a centro. Para este caso las distancias entre las ramas de los estribos quedan de 27,27 cm y 23,46 cm.

Figura 53. Armado del refuerzo en columna



Fuente: elaboración propia.

2.1.6.4. Cimentación

Estos elementos estructurales transmiten las cargas que actúan sobre la totalidad de la edificación hacia el suelo o rocas subyacentes. La función es brindar seguridad contra una falla por corte general del suelo y minimizar el asentamiento total de la estructura sobre el suelo.

El procedimiento que se detalla se basa en las anotaciones del curso “Cimentaciones 1” de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos. En este apartado se presenta el diseño de una cimentación tipo zapata, para la columna crítica previamente diseñada.

Antes de ahondar en el tema, se hace alusión a ciertos valores obtenidos del estudio de suelo, según tabla I, tales como: $\phi = 21,60^\circ$; $C_u = 3,18 \text{ Ton/m}^2$; $\gamma_s = 1,45 \text{ Ton/ m}^3$.

Para el diseño, se propone una zapata cuadrada de dimensiones $B = L = 2,5 \text{ m}$, un espesor de $t = 0,4 \text{ m}$ y un desplante de cimentación de $Z = 1,5 \text{ m}$, que cumple con los requisitos establecidos en el numeral 5.9 de AGIES NSE 2.1. Se recomienda “que el factor de seguridad sea al menos de 3”⁴⁹, por lo que se tomará un valor de $FS = 3,5$, con este valor además, se cumple el requisito establecido por AGIES NSE 2.1, numeral 5.11.

Así pues, debe calcularse la capacidad de carga última de la cimentación q_u , que no es más que el punto donde el suelo que soporta la cimentación cede a una falla repentina y un asentamiento excesivo. Al aplicar la ecuación para una cimentación cuadrada⁵⁰, la capacidad de carga es:

$$q_u = 1,3 \times c \times N_c + \gamma_s \times D_f \times N_q + 0,4 \times \gamma_s \times B \times N_\gamma$$

Donde:

- c : Cohesión del suelo.
- γ_s : Peso específico del suelo.
- B : Ancho de la cimentación.

⁴⁹ BRAJA, Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. p. 131.

⁵⁰ *Ibíd.* p. 128.

N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga adimensionales, debido a: cohesión, sobrecarga y peso del suelo.
 D_f : Desplante de cimentación.

Los factores de capacidad de carga⁵¹:

$$N_q = \tan^2(45 + \phi/2)e^{\pi \tan \phi} = \tan^2(45 + 21,6/2)e^{\pi \tan(21,6)} = 7,51$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = (7,51 - 1) \times \cot(21,6) = 16,44$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi = 2(7,51 + 1) \times \tan(21,6) = 6,74$$

Por tanto, la capacidad de carga última es:

$$q_u = 1,3 \times 3,18 \times 16,44 + 1,45 \times 1,5 \times 7,51 + 0,4 \times 1,45 \times 2,5 \times 6,74$$

$$q_u = 94,07 \text{ Ton/m}^2$$

La capacidad de carga admisible q_{adm} ⁵² es:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} = \frac{94,07 \text{ Ton/m}^2}{3,5} = 26,88 \text{ Ton/m}^2$$

La carga admisible bruta total "Q" es:

$$Q = q_{adm} \times B \times L = 26,88 \text{ Ton/m}^2 \times 2,5\text{m} \times 2,5\text{m} = 168 \text{ Ton}$$

El ensayo practicado para el material del subsuelo determinó que es limo arcilloso; su valor permisible de la capacidad de carga según tabla 5.10.1 de AGIES NSE 2.1 es de 14,27 Ton/m² (140 Kpa).

⁵¹ BRAJA, Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. p. 136.

⁵² *Ibíd.* p. 130.

Al comparar el valor obtenido con la fórmula y el permisible, vemos que el obtenido es mayor a este último, por lo que no hay inconveniente para el diseño.

Para validar las dimensiones de la zapata es necesario revisar todos los valores de carga axial (sin mayorar) que se transmiten de la columna hacia la zapata. Al sustraer los valores CM, CV y L de la tabla XXXVI y aplica la siguiente ecuación en función de las cargas muertas y vivas en ambos niveles, tenemos para la columna 9 – H:

$$Q_{axial\ CM} = CM \times L/2 \quad \text{y} \quad Q_{axial\ CV} = CV \times L/2$$

Tabla XLI. **Cargas axiales sin mayorar en columna 9 – H**

<i>Q_{axial}</i> muerta (Ton)	Marco 9, Col H – N2	5,92
	Marco 9, Col H – N1	6,73
	Marco H, Col 9 – N2	11,59
	Marco H, Col 9 – N1	13,10
	Q CM (Ton) total	37,34

<i>Q_{axial}</i> viva (Ton)	Marco 9, Col H – N2	1,10
	Marco 9, Col H – N1	5,52
	Marco H, Col 9 – N2	2,07
	Marco H, Col 9 – N1	10,34
	Q CV (Ton) total	19,03

Fuente: elaboración propia.

Así mismo, debe revisarse los momentos que se transmiten sobre la zapata. Para ello, del diagrama de momentos por cargas gravitacionales en el primer nivel ver figura 26 a 29, se extrae el valor máximo de ambas direcciones, por lo que el momento por carga muerta y carga viva es $0,02\ Ton - m$ y $0,06\ Ton - m$, respectivamente. De igual manera, del diagrama de momentos por sismo, figura 31 y 33, se determina que el valor máximo en ambas direcciones corresponde a $26,00\ Ton - m$.

Ahora bien, si calculamos la capacidad de carga última neta q_e , que se define como la “presión última por unidad de área de la cimentación que puede ser soportada por el suelo en exceso de la presión ($q = \gamma_s \times Z$) causada por el suelo circundante al nivel de desplante”⁵³; y que además, es afectada por la presión de la zapata de concreto, $\gamma_c = 2,4 \text{ Ton/m}^3$, se obtiene:

$$q_e = q_{adm} - [(t \times \gamma_c) + q]$$

$$q_e = 26,88 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} - \left[\left(0,4\text{m} \times \frac{2,4 \text{ Ton}}{\text{m}^3} \right) + \frac{1,45 \times 1,5}{\text{m}^2} \right] = 23,745 \text{ Ton/m}^2$$

Por lo que el área requerida para la zapata cuadrada ($A = B^2$, porque $B = L$) corresponde a:

$$A_{req} = \frac{CM + CV}{q_e} = \frac{37,34 \text{ Ton} + 19,03 \text{ Ton}}{23,745 \text{ Ton/m}^2} = 2,37 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{2,84} = 1,54 \text{ m}$$

Por iteraciones, se propone una zapata cuadrada de $2,3\text{m} \times 2,3\text{m}$ con: $A = 5,29 \text{ m}^2$. Si las dimensiones cumplen con la condición: $qu'_{max} < q_{adm}$, se consideran definitivas; de lo contrario, deben proponerse nuevas dimensiones para la zapata. Puesto que se supone una zapata cargada excéntricamente tenemos⁵⁴:

$$q_{u'_{max,min}} = \frac{Q_{max}}{A_{req}} \left(1 \pm \frac{6 \times e}{B} \right)$$

Donde:

Q_{max} : Cargas axiales mayoradas, $1,2 QCM + 1 QCV + 1 QS$

⁵³ BRAJA, Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. p.131.

⁵⁴ *Ibíd.* p. 149.

e : Excentricidad producida por los momentos,

$$e = \frac{1,2 \times M_{CM} + 1 \times M_{CV} + 1 \times M_{sismo}}{Q_{max}}$$

De lo anterior,

$$Q_{max} = 1,2(37,34) + 1(19,03) + 1(0) = 63,84 \text{ Ton}$$

Y,

$$e = \frac{(1,2 \times 0,02) + (1 \times 0,06) + (1 \times 26,00)}{63,84} = 0,41 \text{ m}$$

Por lo que,

$$q_{u'_{max}} = \frac{63,84}{5,29} \left(1 + \frac{6 \times 0,41}{2,3} \right) = 24,97 \text{ Ton/m}^2 < 26,88 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{u'_{min}} = \frac{63,84}{5,29} \left(1 - \frac{6 \times 0,41}{2,3} \right) = -0,83 \text{ Ton/m}^2 < 26,88 \text{ Ton/m}^2$$

Puesto que se cumple la condición, las dimensiones propuestas son válidas.

Para comprobar que el espesor sea el adecuado, se realiza la verificación de la falla de corte por punzonamiento y falla de corte por flexión del concreto.

- Falla de corte por punzonamiento: de la sección 14.4.3.4.1 del ACI 318S-14 se recomienda que la resistencia al cortante debe analizarse para una sección crítica cuyas líneas paralelas deben estar a una distancia no mayor de $d/2$ del borde de la columna. Su perímetro crítico debe ser igual a: $b_o = 4(a + d)$.

Donde, a es el lado de la sección transversal de la columna (0,60 m); y d corresponde al peralte efectivo de la zapata, con un recubrimiento de 0,075 m (concreto expuesto permanentemente al suelo, según 20.6.1.3.1 del ACI). Es decir, entonces, que:

$$d = 0,40 - 0,075 = 0,325 \text{ m}$$

Y

$$b_o = 4(0,60 + 0,325) = 3,7 \text{ m.}$$

Antes de calcular la fuerza cortante punzonante Vu_p , se debe calcular la carga última crítica $qu'_{critica}$ que sucede en la distancia $d/2$. Si consideramos la distancia desde el extremo de la zapata, da: $l_1 = 1,61 \text{ m}$, ver figura 54. De la ecuación de la recta en el diagrama de carga última de diseño para l_1 :

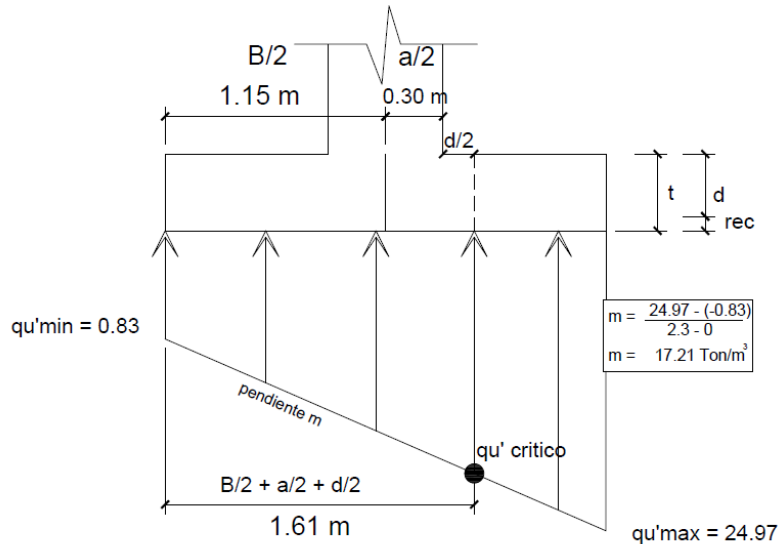
$$qu'_{critica} = 11,21(1,61\text{m}) - 0,83 \text{ Ton/m}^2 = 17,21 \text{ Ton/m}^2$$

Si la fuerza cortante punzonante Vu_p es el producto de $qu'_{critica}$ por el área efectiva de la zapata; considerando como área efectiva el área total de la zapata menos el área de la sección crítica A_p ; donde, $A_p = (a + d)^2$,

$$A_p = (0,6 + 0,325)^2 = 0,86 \text{ m}^2$$

$$Vu_p = 17,21 \text{ Ton/m}^2 \times ((2,3\text{m} \times 2,3\text{m}) - 0,86\text{m}^2) = 76,24 \text{ Ton}$$

Figura 54. Diagrama falla de corte por punzonamiento



Fuente: elaboración propia.

Finalmente se comprueba que el espesor propuesto sea correcto, mediante la comparación del peralte efectivo (d) y un nuevo valor del peralte efectivo (d') que se deduce de la ecuación de la resistencia del concreto a corte por punzonamiento, según 22.6.5.2 del ACI 318S-14 (para un $\lambda = 0,75$). Con los valores de $b_o = 370 \text{ cm}$ y $V_c = Vu_p = 76\,240 \text{ kg}$, se obtiene que:

$$d' = \frac{76\,240}{0,75 \times \sqrt{280} \times 370} = 16,42 \text{ cm} < 32,5 \text{ cm} \quad \text{Válido}$$

- Falla de corte por flexión: La carga que produce la falla de corte por flexión Vu_f sucede en una distancia igual al peralte efectivo d del rostro de la columna, a un ángulo de 45° , en este punto existe una carga última de flexión $qu'_{\text{flexión}}$.

Al aplicar la ecuación de la recta en el diagrama de la figura 55, en una distancia $l = 1,78 \text{ m}$, se tiene,

$$qu'_{flexión} = 19,11 \text{ Ton/m}^2$$

Y la carga de corte por flexión,

$$Vu_f = qu'_{flexión} \times l_2 \times B$$

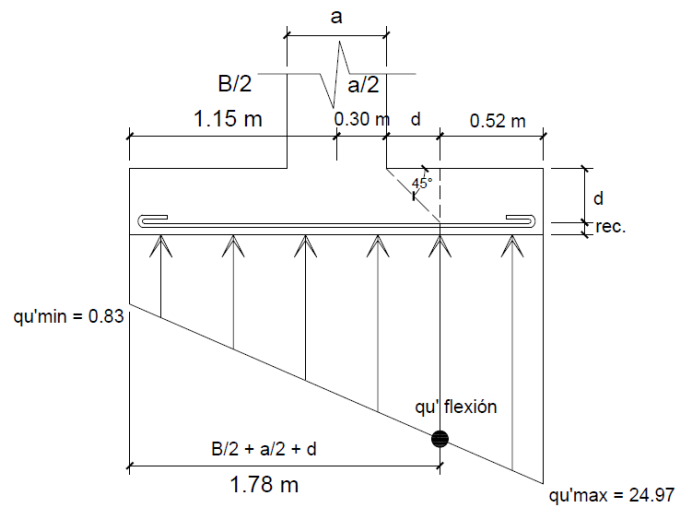
$$Vu_f = 19,11 \times 0,52 \times 2,3 = 22,86 \text{ Ton} = 22\,860 \text{ kg}$$

Donde:

B : Base de la zapata, igual a 2,3 m.

l_2 : Longitud del punto crítico hacia la derecha de la zapata, $l_2 = 2,3 \text{ m} - 1,78 \text{ m} = 0,52 \text{ m}$.

Figura 55. Diagrama de falla de corte por flexión



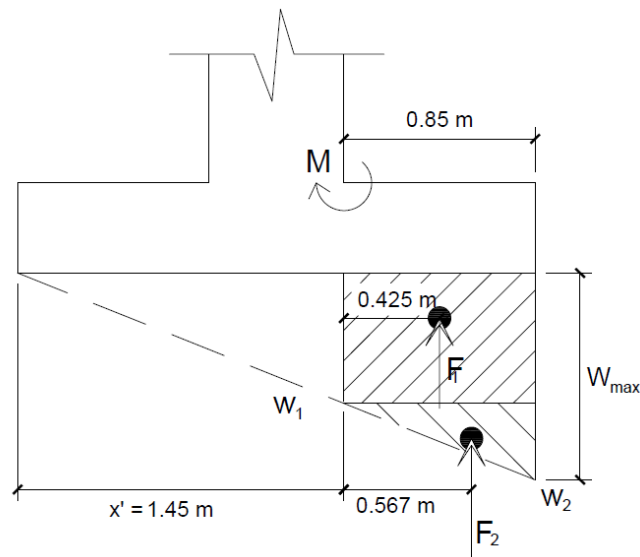
Fuente: elaboración propia.

Para verificar que la zapata resiste al corte por flexión, debe comprobarse que la resistencia nominal del concreto es mayor que la carga de corte por flexión. Esto se comprueba con el hecho de que el peralte efectivo utilizado ($d = 32,5 \text{ cm}$) debe ser mayor al que se obtiene de la ecuación presentada en el numeral 22.6.6.1 del ACI 318S-14 (con un $\lambda = 0,85$). Las variables de la ecuación tienen valores iguales a: $B = 230 \text{ cm}$; $V_c = Vu_f = 22\ 860 \text{ kg}$. Por lo tanto,

$$d' = \frac{22\ 860 \text{ kg}}{0,85 \times 0,53 \times \sqrt{280} \times 230 \text{ cm}} = 13,18 \text{ cm} < 32,5 \text{ cm} \quad \text{Válido}$$

Comprobado que la zapata resiste el corte por punzonamiento y por flexión, se procede a establecer el refuerzo de acero. Para ello, debe calcularse el momento flector que se genera en la zapata justo en el rostro de la columna, ver figura 56.

Figura 56. **Diagrama del momento flector en zapata**



Fuente: elaboración propia.

Del diagrama de la figura 56, la carga máxima distribuida w_{max} corresponde a:

$$w_{max} = 24,97 \text{ Ton/m}^2 \times 2,3 \text{ m} = 57,43 \text{ Ton/m}$$

La carga distribuida w_1 sucede en el punto igual a $x' = 1,45 \text{ m}$; aplicando la ecuación de la recta, $qu' = 15,42 \text{ Ton/m}^2$. De ello,

$$w_1 = 15,42 \text{ Ton/m}^2 \times (2,3 \text{ m} - 1,45 \text{ m}) = 13,11 \text{ Ton/m}$$

Y si la carga distribuida $w_2 = w_{max} - w_1$,

$$w_2 = 57,43 \text{ Ton/m} - 13,11 \text{ Ton/m} = 44,32 \text{ Ton/m}$$

Aplicando el método de áreas para obtener la carga puntual sobre las áreas asuradas del diagrama de la figura 55, se tiene que las fuerzas son:

$$F_1 = 13,11 \text{ Ton/m} \times 0,85 \text{ m} = 11,14 \text{ Ton}$$

$$F_2 = \frac{1}{2} \times 44,32 \frac{\text{Ton}}{\text{m}} \times 0,85 \text{ m} = 18,84 \text{ Ton}$$

Por lo tanto, el momento M en la zapata,

$$M = ((11,14\text{Ton} \times 0,425\text{m}) + (18,84\text{Ton} \times 0,567\text{m})) \times 1000 = 15416,78\text{Ton} - \text{m}$$

Si $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$; $f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$; $B = 230 \text{ cm}$ y $d = 32,5 \text{ cm}$, el área de acero requerida para el momento M ,

$$A_s = \left(230 \times 32,5 - \sqrt{(230 \times 32,5)^2 - \frac{15\,416,78 \times 230}{0,003825 f'_c}} \right) \frac{0,85 f'_c}{f_y} = 12,72 \text{ cm}^2$$

El área de acero mínimo $A_{s_{min}}$,

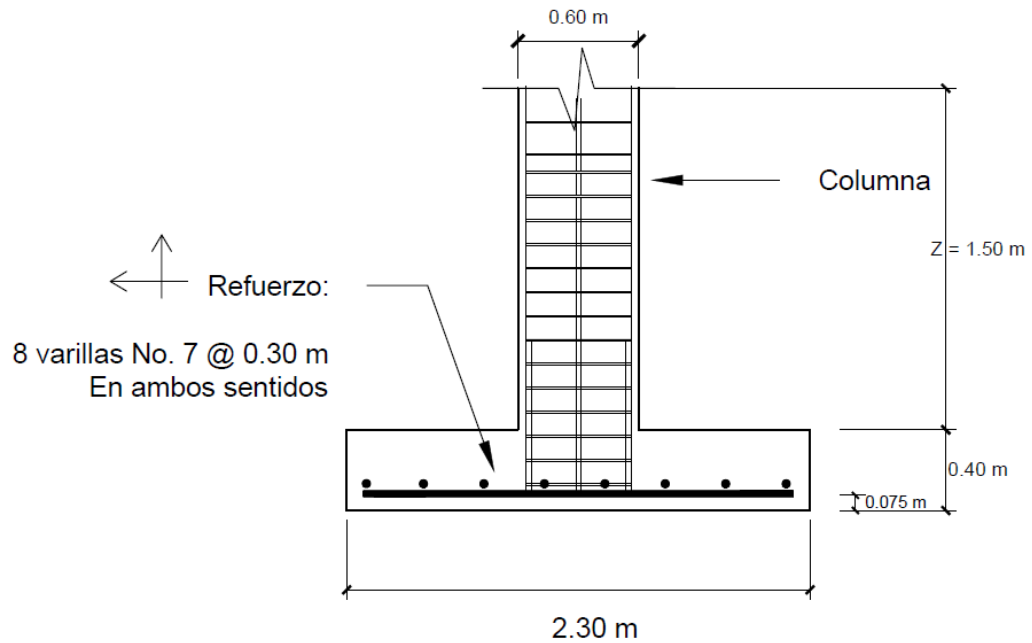
$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} \times B \times d = \frac{14}{4\,200} \times 230 \times 32,5 = 24,92 \text{ cm}^2$$

Puesto que el área de acero requerida por el momento es menor al área de acero mínimo, es necesario utilizar varillas de acero que satisfagan este último valor. Se proponen utilizar varillas No. 7 ($A_{s_{No.7}} = 3,87 \text{ cm}^2$), para las cuales el espaciamiento mínimo es,

$$s = \frac{A_{barras} \times B}{A_s} = \frac{3,87 \times 230}{24,92} = 35,72 \text{ cm}$$

Se propone utilizar barras No. 7 @ 0,30 cm en ambos sentidos de la zapata.

Figura 57. **Detalle del refuerzo de zapata**



Fuente: elaboración propia.

2.1.6.5. Módulo de gradas

La referencia para el diseño del módulo de gradas está tomada del procedimiento que presenta Orozco⁵⁵. Las consideraciones generales para el diseño son las siguientes:

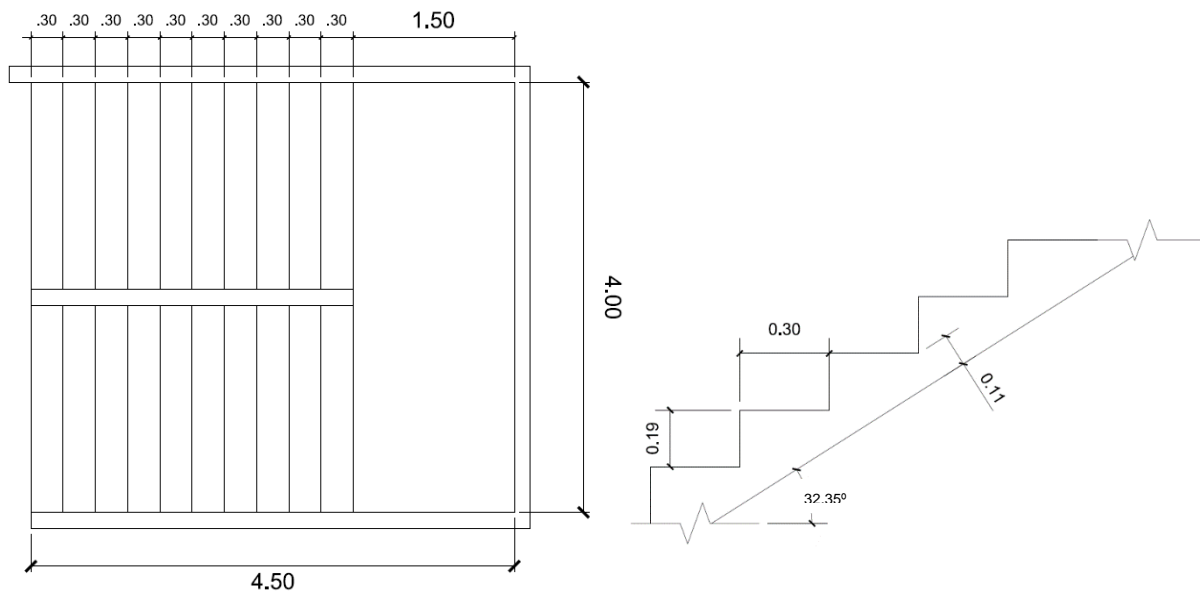
- Peso específico del concreto (γ_c) 2 400,00 kg/m³
- Carga viva escaleras (CV_{ES}) 500,00 kg/m²
- Resistencia del concreto $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

⁵⁵ OROZCO, Oswaldo *Diseño de edificio de dos niveles para mercado municipal, en el municipio de Magdalena Milpas Altas, departamento de Sacatepéquez.* p. 92.

- Resistencia del acero $f_y = 4\,200\text{ kg/cm}^2$
- Altura a salvar 4,00 m
- Contra huella (CH) 0,19 m
- Huella (H) 0,30 m
- Espesor de cuello (t) 0,11 m

El número de escalones se determina dividiendo la altura a salvar entre el valor de la contra huella. Esto da 20 escalones de 0,19 m y uno más de 0,20 m, incluyendo un descanso intermedio.

Figura 58. **Planta y corte de módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia.

El análisis de la integración de cargas gravitacionales para la escalera se compone por el tramo inclinado y el descanso.

Para el tramo inclinado, la integración de carga muerta y viva es:

$$CM = b \times \gamma_c \times \left(\frac{CH}{2} + \frac{t}{\cos \alpha} \right) \quad \text{y} \quad CV = CV_{ES} \times b$$

Es decir,

$$CM = 2 \text{ m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{0,19 \text{ m}}{2} + \frac{0,11 \text{ m}}{\cos 32,35^\circ} \right) = 1081 \text{ kg/m}$$

$$CV = 500 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 1000 \text{ kg/m}$$

Al aplicar los factores de carga, $1,2CM + 1,6CV$, la carga distribuida última W_1 para el tramo inclinado es:

$$W_1 = 1,2(1081 \text{ kg/m}) + 1,6(1000 \text{ kg/m}) = 2897,2 \text{ kg/m} = 2,90 \text{ Ton/m}$$

Por su parte, la integración de cargas para el tramo del descanso es:

$$CM = b \times \gamma_c \times CH \quad \text{y} \quad CV = CV_{ES} \times b$$

Es decir,

$$CM = 2 \text{ m} \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,19 \text{ m} = 912 \text{ kg/m}$$

$$CV = 500 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 1000 \text{ kg/m}$$

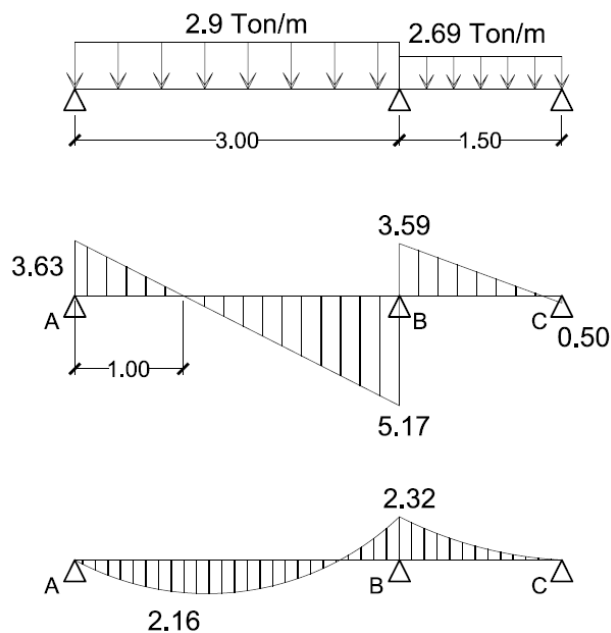
La carga última W_2 que actúa en el descanso es:

$$W_2 = 1,2(912 \text{ kg/m}) + 1,6(1000 \text{ kg/m}) = 2694,4 \text{ kg/m} = 2,69 \text{ Ton/m}$$

Está demostrado que se obtiene el mismo resultado trabajando el análisis de las gradas, ya sea en forma inclinada o recta⁵⁶.

Por el tipo de configuración de las gradas, en el punto B se puede considerar un apoyo ficticio que impedirá el desplazamiento vertical. Sabiendo que no existe empotramiento perfecto, se considera como una viga simplemente apoyada y se modelan los tramos en el programa SAP2000 para obtener el diagrama de corte y momento flexionante, figura 59.

Figura 59. **Diagrama de corte y momento flexionante del tramo de gradas**



Fuete: elaboración propia.

⁵⁶ FERNÁNDEZ, Chea. *Análisis y diseño de escaleras*. p. 10.

De los resultados obtenidos tenemos que los mayores momentos son:

Momento (+): 2,16 Ton - m = 216 000 Kg - cm

Momento (-): 2,32 Ton - m = 232 000 Kg - cm

Antes de calcular el área de acero, se debe determinar el peralte efectivo. Para ello, se considera un recubrimiento de 2,5 cm, diámetro de barra No. 5 (1,58 cm) y espesor de losa de 11 cm. El peralte correspondiente es entonces 7,71 cm.

Se calculará los valores de cuantía de acero ρ que se requiere en un ancho unitario ($b = 100$ cm) cuando $M = 2,16$ Ton - m. Con la siguiente expresión, se tiene que el factor de resistencia a la flexión R^{57} es:

$$R = \frac{M}{\phi b d^2} = \frac{216\,000}{0,9 \times 100 \times 7,71^2} = 40,37 \frac{kg}{cm^2} = 574,06 \frac{lb}{in^2}$$

De igual forma, tenemos que R es:

$$R = \rho f_y \left(1 - \frac{0,59 \rho f_y}{f'_c} \right)$$

Resolviendo para ρ de la expresión anterior, $\rho = 0,0110$. Dicho valor está dentro del intervalo de cuantía mínima ($\rho_{\min} = 0,00333$) y cuantía máxima ($\rho_b = 0,0214$), por lo que es válido utilizarlo. El área de acero es:

$$A_s = \rho b d = 0,0110 \times 100 \times 7,71 = 8,48 \text{ cm}^2$$

⁵⁷ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 85.

El espaciamiento máximo es: $3t = 3 \times 11 \text{ cm} = 33 \text{ cm}$. Si se utilizan barras No. 5 ($A = 1,99 \text{ cm}^2$), el espaciamiento requerido es:

$$S = \frac{1,99 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm}}{8,48 \text{ cm}^2} = 23,46 \text{ cm} < 33 \text{ cm}$$

Se propone utilizar barras No. 5 @ 20 cm.

Aplicando el mismo procedimiento anterior para $M = 2,32 \text{ Ton-m}$, con barras No.5, tenemos que: $R = 616,58 \text{ psi}$ y $\rho = 0,01198$. El área de acero corresponde a $9,24 \text{ cm}^2$, con un espaciamiento requerido de $21,53 \text{ cm}$.

En conclusión, el armado principal de las gradas son barras No. 5 @ 20 cm, tanto para los tramos inclinados como para el descanso.

El acero por temperatura que se coloca perpendicularmente al armado principal, se obtiene con el valor de cuantía mínima, es decir:

$$A_s = \rho_{min}bd = 0,00333 \times 100 \times 7,71 = 2,57 \text{ cm}^2$$

Si se utiliza barras No.3 ($A = 0,71 \text{ cm}^2$), el espaciamiento es:

$$S = \frac{0,71 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm}}{2,57 \text{ cm}^2} = 27,63 \text{ cm} < 33 \text{ cm}$$

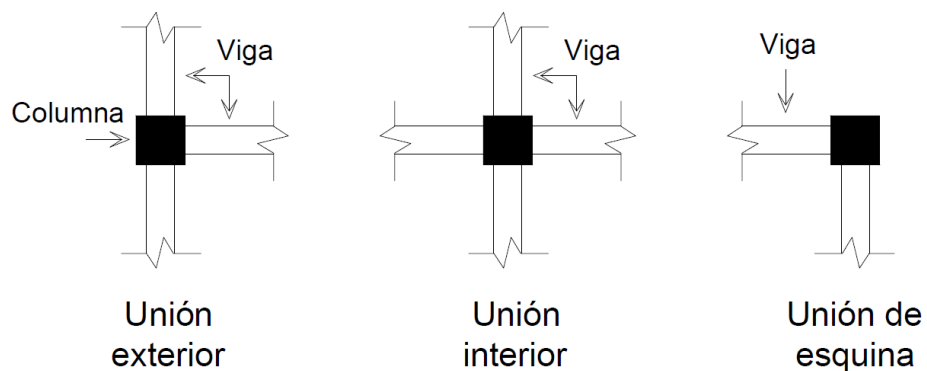
El armado transversal queda con barras No.3 @ 25 cm, tanto en los tramos inclinados como para el descanso.

El detalle general del armado del módulo de gradas se presenta en los planos adjuntos, ver apéndice.

2.1.7. Diseño de nudos sísmicos

En esta sección se analizan las uniones viga-columna de los marcos estructurales para garantizar que las fuerzas que se provocan en los extremos de los elementos se transmitan a través de la unión hacia los elementos de soporte. Se define “la unión viga-columna como la porción de la columna dentro de la altura de las vigas que se unen hasta ella”⁵⁸. De acuerdo con la tabla 18.8.4.1 del ACI 318S-14, existen tres tipos de configuración del nudo. A la primera la llamaremos unión interior, en el cual se conectan cuatro vigas una por cada cara de la columna. La unión exterior tiene la característica de unir tres vigas, y la unión de esquina, únicamente dos vigas y de manera ocasional, una sola viga. La figura 60 ilustra los tres tipos de configuración.

Figura 60. Tipos de configuración del nudo



Fuente: elaboración propia.

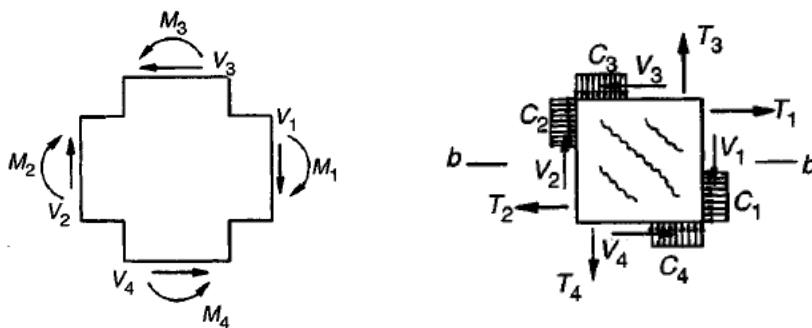
⁵⁸ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 309.

En la figura 61 se muestran las fuerzas y momentos que las vigas y las columnas transfieren a los nudos, así como las fuerzas internas resultantes, debido a cargas axiales, flexión y cortante.

Los momentos en las caras opuestas al nudo debido a las cargas laterales que producen las fuerzas sísmicas actuarán en el mismo sentido.

“Los fenómenos de comportamiento dentro del nudo se interpretan en términos de una resistencia nominal al cortante en el nudo”⁵⁹, es decir, que las fuerzas que se consideran en el diseño del nudo se calculan con base en las resistencias nominales de los elementos. La fuerza de tensión en la parte superior de la viga generada por el refuerzo para momento negativo se toma como $T = A_s \times 1,25f_y$, según 18.8.2.1 del código y la fuerza de compresión es $C = T$. El momento de diseño aplicado en la cara del nudo es $M_u = M_n = 1,25A_s f_y (d - a/2)$ ⁶⁰.

Figura 61. Cargas en el nudo y fuerzas resultantes de cargas laterales



Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*, p. 311.

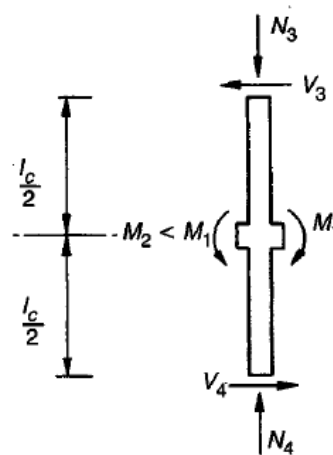
⁵⁹ Instituto Americano de Concreto. *ACI 318-14*. p. 304.

⁶⁰ NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 311.

Aplicado los momentos a cada una de las caras del nudo, las fuerzas correspondientes de la columna para el diseño de la unión son las que mantienen el equilibrio en el nudo.

Los cortantes de la columna V_3 y V_4 (figura 61) se calculan con base en el diagrama de cuerpo libre de la columna entre puntos de inflexión, los cuales se suponen en el punto $l_c / 2$ de la columna, donde l_c es la altura total de la columna. Ver figura 62.

Figura 62. Diagrama de cuerpo libre de una columna interior y del nudo



Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*, p. 312.

La fuerza cortante aplicada V_u se calcula sumando las fuerzas horizontales que actúan en el nudo por encima del plano horizontal “b-b” que se muestra en la imagen derecha de la figura 61, es decir:

$$V_u = T_1 + C_2 - V_3$$

Debe cumplir con la condición $V_u \leq \phi V_n$. La resistencia nominal del nudo a corte, V_n , viene dada por el tipo de configuración del nudo, según tabla XLII.

Tabla XLII. **Resistencia nominal del nudo a cortante V_n**

Configuración del nudo	V_n
Para nudos confinados por vigas en sus cuatro caras.	$1,7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
Para nudos confinados por viga en tres de sus caras o en dos caras opuestas.	$1,2\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
Para otros casos.	$1,0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$

$\lambda = 1$, para concreto de peso normal

Fuente: Instituto Americano de Concreto. *ACI 318-14*. p. 304.

“El área efectiva de la sección transversal dentro del nudo A_j ”⁶¹, es el producto de la altura total de la sección de la columna h_c , por su ancho efectivo b_j , el cual se calcula como⁶²:

$$b_j = \frac{b_b + b_c}{2}, \quad \text{pero } b_j \leq b_b + h_c$$

Donde:

b_b : Ancho transversal de la viga, si llega una sola al nudo.
Si existen dos, se toma como el promedio de los dos anchos de la viga.

⁶¹ Instituto Americano de Concreto. *ACI 318-14*. p. 304.

⁶² NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 314.

b_c : Ancho transversal de la columna en la dirección analizada.

Para que la unión viga-columna tenga un comportamiento adecuado, debe revisarse el confinamiento lateral del nudo.

Dicho confinamiento permite aumentar la resistencia del núcleo de concreto para mejorar su capacidad de deformación y evita que las barras verticales de la columna tengan un pandeo hacia afuera.

Para un confinamiento adecuado en una unión interior, el ancho de cada viga que llega en los cuatro lados del nudo debe medir al menos tres cuartos del ancho efectivo del nudo⁶³. También debe cumplir el numeral 18.7.5.7, que indica que el recubrimiento de concreto fuera del refuerzo transversal de confinamiento no debe ser mayor a 4 ”.

De no cumplirse con lo anterior, debe incluirse refuerzo transversal dentro del nudo, con una separación no mayor de 6 ”, según 18.7.5.3 y el área del refuerzo deberá cumplir con 18.7.5.4 ACI 318S-14, que para este diseño son estribos No.4. Ver diseño de columna en apartado 2.1.6.3 de este documento.

- Ejemplo: diseño de nudo sísmico

A continuación, se muestran los cálculos para el diseño de nudos sísmicos correspondientes al submódulo B3, en él, se detectan los tres tipos de configuración de nudos (unión interior, exterior y de esquina).

⁶³ Instituto Americano de Concreto. *ACI 318-14*. p. 304.

Del diseño estructural de las vigas (2.1.6.2) se tiene que $f_y = 4\,200\text{ kg/cm}^2$ y $f'_c = 280\text{ kg/cm}^2$; con secciones transversales de 0,30m x 0,60m para las vigas sobre el eje X y de 0,25m x 0,45m para las vigas en el sentido Y. Además, el diseño indica (figura 50) que para el refuerzo de las vigas en el primer nivel se utiliza varillas No. 7 (área es 3,87 cm²) y en el segundo nivel varillas No. 6. (área 2,84 cm²).

Teniendo en cuenta esta información preliminar se construye la siguiente tabla para el nudo de la intersección entre los marcos 9 – H del primer nivel, el cual es unión interior.

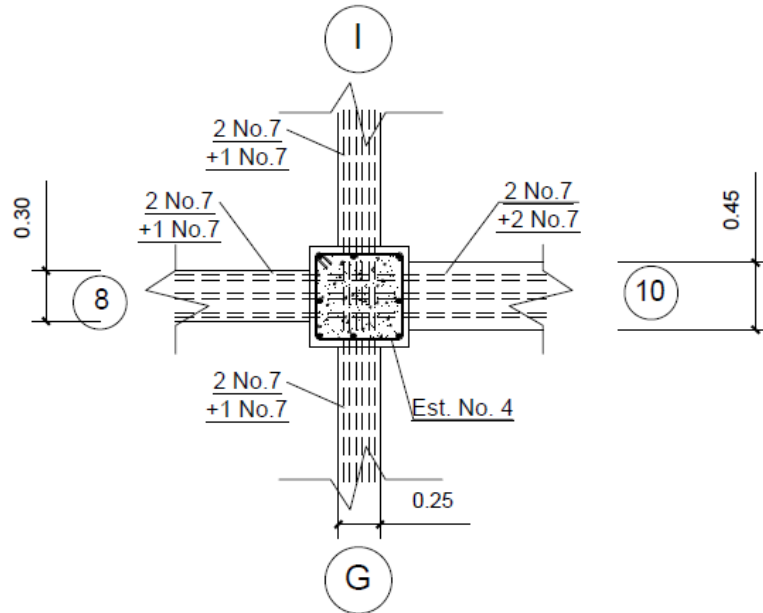
Tabla XLIII. Unión interior marco 9 – H, información general

Nivel 1		Sección transversal		Refuerzo longitudinal en nudo				
Tipo configuración del nudo	Dirección / Nivel	Elemento	Base (m)	Altura (m)	Cama Superior	As (cm ²)	Cama Inferior	As (cm ²)
Unión interior	X	Marco H, Viga 9 - 8	0,30	0,60	3 No. 7	11,61	2 No.7	7,74
		Marco H, Viga 9 - 10	0,30	0,60	4 No. 7	15,48	2 No.7	7,74
	Y	Marco 9, Viga H - G	0,25	0,45	3 No. 7	11,61	2 No.7	7,74
		Marco 9, Viga H - I	0,25	0,45	3 No. 7	11,61	2 No.7	7,74
	Nivel 1	Columna 9 - H	0,60	0,60	8 No.8			

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente gráfica se muestra el refuerzo longitudinal que se intercepta en el nudo que se genera por la unión interior del marco 9 – H.

Figura 63. Unión interior marco 9 – H, primer nivel



Fuente: elaboración propia.

A partir de esta información, se procede a calcular la fuerza de tensión que se genera en la parte superior de la viga, en cada cara del nudo.

$$T = 1,25 \times 4\,200 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \times 3,87 \text{ cm}^2 = 60\,952,50 \text{ kg}$$

$$T = 1,25 \times 4\,200 \text{ kg/cm}^2 \times 4 \times 3,87 \text{ cm}^2 = 81\,270,00 \text{ kg}$$

$$T = 1,25 \times 4\,200 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \times 3,87 \text{ cm}^2 = 60\,952,50 \text{ kg}$$

$$T = 1,25 \times 4\,200 \text{ kg/cm}^2 \times 3 \times 3,87 \text{ cm}^2 = 60\,952,50 \text{ kg}$$

Antes de calcular el momento $M_u = M_n$, se debe determinar el valor de “d” y “a”. Restando un recubrimiento de 4 cm a la altura de la sección transversal de la viga, el diámetro de una varilla No. 3 igual a 0,95 cm y el radio en centímetros de la varilla No.7 (2,22 cm/2).

$$d = (0,60m \times 100) - 4 \text{ cm} - 0,95 \text{ cm} - 2,22 \text{ cm}/2 = 53,94 \text{ cm}$$

$$d = (0,60m \times 100) - 4 \text{ cm} - 0,95 \text{ cm} - 2,22 \text{ cm}/2 = 53,94 \text{ cm}$$

$$d = (0,45m \times 100) - 4 \text{ cm} - 0,95 \text{ cm} - 2,22 \text{ cm}/2 = 38,94 \text{ cm}$$

$$d = (0,45m \times 100) - 4 \text{ cm} - 0,95 \text{ cm} - 2,22 \text{ cm}/2 = 38,94 \text{ cm}$$

$$a = \frac{11,61\text{cm}^2 \times 4\,200 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \times 280 \text{ kg/cm}^2 \times 0,30 \text{ m} \times 100 \text{ cm}} = 6,83 \text{ cm}$$

$$a = \frac{15,48\text{cm}^2 \times 4\,200 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \times 280 \text{ kg/cm}^2 \times 0,30 \text{ m} \times 100 \text{ cm}} = 9,11 \text{ cm}$$

$$a = \frac{11,61\text{cm}^2 \times 4\,200 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \times 280 \text{ kg/cm}^2 \times 0,25 \text{ m} \times 100 \text{ cm}} = 8,20 \text{ cm}$$

$$a = \frac{11,61\text{cm}^2 \times 4\,200 \text{ kg/cm}^2}{0,85 \times 280 \text{ kg/cm}^2 \times 0,25 \text{ m} \times 100 \text{ cm}} = 8,20 \text{ cm}$$

Por lo que el valor del momento para cada cara del nudo es:

$$M_u = 60\,952,50 \text{ kg} \times (53,94\text{cm} - 6,83/2) = 30\,796,25 \text{ kg} - m$$

$$M_u = 81\,270,00 \text{ kg} \times (53,94\text{cm} - 9,11/2) = 40\,135,19 \text{ kg} - m$$

$$M_u = 60\,952,50 \text{ kg} \times (38,94\text{cm} - 8,20/2) = 21\,235,85 \text{ kg} - m$$

$$M_u = 60\,952,50 \text{ kg} \times (38,94\text{cm} - 8,20/2) = 21\,235,85 \text{ kg} - m$$

Si $l_c = 5,5 \text{ m}$, para el primer nivel y 4 m para el segundo nivel, entonces $l_c / 2 = (5,5 + 4)/2$, es igual a $4,75 \text{ m}$ para el análisis en el nudo 9 – H, el cortante en las columnas es:

$$V = 30\,796,25 \text{ kg} - m / 4,75 \text{ m} = 6\,483,42 \text{ kg}$$

$$V = 40\,135,19 \text{ kg} - m / 4,75 \text{ m} = 8\,449,51 \text{ kg}$$

$$V = 21\,235,85 \text{ kg} - m / 4,75 \text{ m} = 4\,470,71 \text{ kg}$$

$$V = 21\,235,85 \text{ kg} - m / 4,75 \text{ m} = 4\,470,71 \text{ kg}$$

Se procede a calcular el cortante V_u , que no es más que la suma de las fuerzas horizontales que actúan en el nudo:

$$V_u = 60\,952,50 \text{ kg} - 6\,483,42 \text{ kg} = 54\,469,08 \text{ kg}$$

$$V_u = 81\,270,00 \text{ kg} - 8\,449,51 \text{ kg} = 72\,820,49 \text{ kg}$$

$$V_u = 60\,952,50 \text{ kg} - 4\,470,71 \text{ kg} = 56\,481,79 \text{ kg}$$

$$V_u = 60\,952,50 \text{ kg} - 4\,470,71 \text{ kg} = 56\,481,79 \text{ kg}$$

El área efectiva A_j viene dada por:

$$A_j = (0,30\text{m} + 0,60\text{m})/2 \times 0,60\text{m} = 0,27 \text{ m}^2 = 2\,700 \text{ cm}^2$$

$$A_j = (0,30\text{m} + 0,60\text{m})/2 \times 0,60\text{m} = 0,27 \text{ m}^2 = 2\,700 \text{ cm}^2$$

$$A_j = (0,25\text{m} + 0,60\text{m})/2 \times 0,60\text{m} = 0,26 \text{ m}^2 = 2\,600 \text{ cm}^2$$

$$A_j = (0,25\text{m} + 0,60\text{m})/2 \times 0,60\text{m} = 0,26 \text{ m}^2 = 2\,600 \text{ cm}^2$$

Como el nudo analizado obedece a una configuración de nudo confinado por vigas en sus cuatro lados, $V_n = 1,7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$. Y debe cumplir con $V_u \leq \phi V_n$, con $\phi = 0,85$.

$$V_n = 1,7 \times 1 \times \sqrt{280} \times 2\,700 \text{ cm}^2 = 76\,805,39 \times 0,85 = 65\,284,58 \geq 54\,469,08 \text{ kg}$$

$$V_n = 1,7 \times 1 \times \sqrt{280} \times 2\,700 \text{ cm}^2 = 76\,805,39 \times 0,85 = 65\,284,58 \geq 72\,820,49 \text{ kg}$$

$$V_n = 1,7 \times 1 \times \sqrt{280} \times 2\,600 \text{ cm}^2 = 72\,538,42 \times 0,85 = 61\,657,66 \geq 56\,481,79 \text{ kg}$$

$$V_n = 1,7 \times 1 \times \sqrt{280} \times 2\,600 \text{ cm}^2 = 72\,538,42 \times 0,85 = 61\,657,66 \geq 56\,481,79 \text{ kg}$$

Se observa que en la cara del nudo que llega de la viga 9 – 10, cuyo refuerzo en la cama superior es de 4 No. 7, no cumple con la condición, por lo que se debe cambiar la sección transversal de la viga. Por iteraciones se determinó que con un área transversal de 0,45 m x 0,60 m sí cumple dicha condición, ver figura 63.

En la tabla XLIV se muestra el resumen de los cálculos antes descritos, con una viga 9 – 10 con sección transversal de 0,45 m x 0,60 m.

Tabla XLIV. **Diseño sísmico unión interior marco 9 – H, nivel 1**

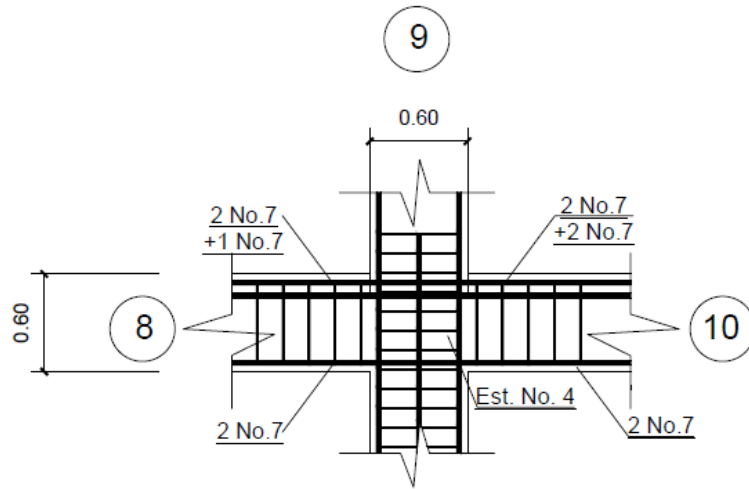
Nivel 1		Fuerza (kg)	Momento (kg-m)	Cortantes en columnas		Cortante en el nudo	Resistencia nominal	Revisión
Tipo configuración del nudo	Elemento	T = 1.25fyAs	Mn (kg-m)	lc (m)	V (kg)	Vu (kg)	Vn (kg)	Vu < Vn
Unión interior	Marco H, Viga 9 - 8	60 952,50	30 796,25	-	6 483,42	54 469,08	76 805,39	Cumple
	Marco H, Viga 9 - 10	81 270,00	41 366,43	-	8 708,72	72 561,28	89 606,29	Cumple
	Marco 9, Viga H - G	60 952,50	21 235,85	-	4 470,71	56 481,79	72 538,42	Cumple
	Marco 9, Viga H - I	60 952,50	21 235,85	-	4 470,71	56 481,79	72 538,42	Cumple
	Columna 9 - H	-	-	4,75	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, debido a que la sección transversal de las vigas que llegan al nudo no mide tres cuatros del ancho efectivo del nudo, según lo que indica el numeral 18.8.4.2 del código, se debe incluir refuerzo transversal en el interior del nudo, tal y como se observa en la figura 64. Se utilizarán estribos No. 4 que es el refuerzo que se propone en el diseño de las columnas.

En las tablas XLV y XLVI se muestra la verificación para los nudos de configuración exterior y de esquina del primer nivel.

Figura 64. Refuerzo transversal en la unión interior marco 9 - H



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. Diseño sísmico unión exterior marco 7 – H, nivel 1

Nivel 1	Tipo configuración del nudo	Refuerzo longitudinal en nudo			Cortantes en columnas		Cortante en el nudo		
		Elemento	Cama Superior	Cama Inferior	Mn (kg-m)	lc (m)	V col (kg)	Vu (kg)	Vn (kg)	Vu < Vn
Unión exterior	Marco H, Viga 7 - 8	3 No. 7	2 No.7	30 796,25	-	6 483,42	54 469,08	76 805,39	Cumple
	Marco 7, Viga H - G	3 No. 7	2 No.7	21 235,85	-	4 470,71	56 481,79	72 538,42	Cumple
	Marco 7, Viga H - I	3 No. 7	2 No.7	21 235,85	-	4 470,71	56 481,79	72 538,42	Cumple
	Columna 7 - H	8 No.8		-	4,75	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Diseño sísmico unión de esquina marco 10 – H, nivel 1**

Nivel 1		Refuerzo longitudinal en nudo			Cortantes en columnas		Cortante en el nudo		
Tipo configuración del nudo	Elemento	Cama Superior	Cama Inferior	Mn (kg-m)	lc (m)	V col (kg)	Vu (kg)	Vn (kg)	Vu < Vn
Unión de esquina	Marco H, Viga 10 - 9	3 No. 7	2 No.7	30 796,25	-	6 483,42	54 469,08	76 805,39	Cumple
	Marco 10, Viga J - I	3 No. 7	2 No.7	21 235,85	-	4 470,71	56 481,79	72 538,42	Cumple
	Columna 10 - J	8 No.8		-	4,75	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Planos constructivos

Los planos se clasificaron en tres grandes áreas: arquitectónicos, estructuras e instalaciones.

- Planos arquitectónicos: muestra la distribución de los tres módulos, a nivel de arquitectura. Es decir, planta acotada, elevaciones, fachadas, secciones y acabados.
- Planos de estructuras: presentan los detalles estructurales del mercado. Estos abarcan la distribución del cimiento, armado y sección de las columnas, detalle de las secciones longitudinales de las vigas y armado de las losas.
- Planos de instalaciones: muestran la distribución y ubicación de las distintas instalaciones, hidráulicas, sanitarias, pluviales y eléctricas.

El conjunto completo de los planos se muestra en la sección de apéndice.

2.1.9. Presupuesto del proyecto

El costo estimado del proyecto es de Q 19 980 449,00.

2.1.9.1. Cantidades de trabajo

Las cantidades de trabajo se muestran en la tabla siguiente.

Tabla XLVII. Presupuesto del proyecto Mercado Municipal

DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL				
MUNICIPIO DE SAN MARTIN JILOTEPEQUE, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO				
REGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.
1	PRELIMINARES			
1.01	Replanteo topográfico	m ²	4000.00	Q 0.77
1.02	Limpieza del terreno	m ²	4000.00	Q 0.81
1.03	Nivelación y conformación de plataforma	m ²	4000.00	Q 11.33
1.04	Trazo y estaqueado	ml	1240.00	Q 4.03
2	CIMENTACIÓN			
2.01	Zapata Z-1 (2.5 m x 2.5 m x 0.4 m)	unidad	72.00	Q 6,583.82
2.02	Zapata Z-2 (2.5 m x 2.5 m x 0.40 m)	unidad	24.00	Q 6,046.22
3	COLUMNAS Y MOCHETAS			
3.01	Columna C-1 (0.60 m x 0.60 m)	ml	912.00	Q 1,525.99
4	LEVANTADO DE MUROS			
4.01	Levantado de block limpio t= 0.14 m, muro cerramiento	m ²	2,067.20	Q 150.43
4.02	Levantado de block rústico t= 0.14 m, en locales y baño	m ²	1,085.70	Q 127.13
4.03	Levantado de block tabique 0.09 m espesor en locales	m ²	2,865.18	Q 102.03
5	VIGAS			
5.01	Viga A-1 (0.45 m x 0.70 m)	ml	160.00	Q 1,202.32
5.02	Viga A-2 (0.40 m x 0.70 m)	ml	240.00	Q 1,191.57
5.03	Viga A-3 (0.45 m x 0.70 m)	ml	120.00	Q 1,206.52
5.04	Viga A-4 (0.40 m x 0.70 m)	ml	240.00	Q 1,199.17
5.05	Viga B-1 (0.45 m x 0.70 m)	ml	160.00	Q 1,225.37
5.06	Viga B-2 (0.35 m x 0.70 m)	ml	160.00	Q 1,159.75
5.07	Viga B-3 (0.35 m x 0.70 m)	ml	160.00	Q 1,127.57
5.08	Viga A-5 (0.45 m x 0.70 m)	ml	160.00	Q 927.80
5.09	Viga A-6 (0.40 m x 0.70 m)	ml	240.00	Q 893.91
5.10	Viga A-7 (0.45 m x 0.70 m)	ml	120.00	Q 1,000.10

Continuación tabla XLVII.

5.11	Viga A-8 (0.40 m x 0.70 m)	ml	240.00	Q	975.16	Q	234,038.40
5.12	Viga B-4 (0.45 m x 0.70 m)	ml	160.00	Q	927.80	Q	148,448.00
5.13	Viga B-5 (0.35 m x 0.70 m)	ml	320.00	Q	879.41	Q	281,411.20
5.14	Viga Secundaria V-S (0.15 m x 0.50 m)	ml	1,933.70	Q	787.28	Q	1,522,363.34
6	FUNDICIÓN DE LOSA						
6.01	Losa tradicional espesor t = 0.12 m, nivel 1 y nivel 2	m ²	7,844.00	Q	718.91	Q	5,639,130.04
6.03	Aplicación de pañuelos + acabado final	m ²	4,000.00	Q	74.44	Q	297,760.00
6.04	Acabado en losa interior ensabietado + repello + alisado	m ²	7,844.00	Q	316.35	Q	2,481,449.40
7	ACABADOS						
7.01	Acabado muros de cerramiento con repello + cernido vertical	m ²	2,067.20	Q	157.95	Q	326,517.34
7.02	Piso de concreto alisado t=0.05m, en losa de entrepiso	m ²	3,844.00	Q	250.00	Q	961,000.00
7.04	Top para lavamanos en baño t=0.08 m	m ²	32.00	Q	250.00	Q	8,000.00
7.05	Top para lavamanos en camerías t=0.08 m	m ²	62.00	Q	260.00	Q	16,120.00
7.06	Top para lavamanos en comedores t=0.08 m	m ²	152.00	Q	270.00	Q	41,040.00
8	INSTALACIÓN HIDRAULICA						
8.01	Instalación hidráulica	ml	1,010.23	Q	50.03	Q	50,541.81
9	INSTALACIONES SANITARIAS						
9.01	Instalación sanitaria	ml	896.00	Q	139.37	Q	124,875.52
9.02	Caja Tipo 1, 0.71 m x 0.71 m	unidad	3.00	Q	518.81	Q	1,556.43
9.02	Caja Tipo 2, 0.95 m x 0.71 m	unidad	71.00	Q	715.64	Q	50,810.44
10	ARTEFACTOS SANITARIOS						
10.01	Lavamanos tipo ovalin + accesorios	unidad	59.00	Q	502.56	Q	29,651.04
10.02	Inodoro + accesorios	unidad	51.00	Q	1,306.94	Q	66,653.94
10.03	Grifos + accesorios	unidad	9.00	Q	52.52	Q	472.68
10.04	Mingitorio + accesorios	unidad	36.00	Q	1,093.38	Q	39,361.68
10.05	Lavatrastos de una fosa + accesorios	unidad	90.00	Q	887.40	Q	79,866.00
11	INSTALACIÓN DRENAJES PLUVIALES						
11.01	Instalación pluvial	ml	304.48	Q	160.62	Q	48,905.58
12	INSTALACIÓN ELECTRICA						
12.02	Instalación Eléctrica Iluminación	ml	3,331.68	Q	116.75	Q	388,973.64
12.03	Instalación Eléctrica Fuerza	ml	2,320.42	Q	1,016.71	Q	2,359,194.22
12	PUERTAS Y VENTANAS						
12.01	Persianas metálicas	unidad	6.00	Q	2,922.67	Q	17,536.02
COSTO TOTAL DEL PROYECTO						Q	19,980,449.36
TOTAL REDONDEADO						Q	19,980,449.00
COSTO UNITARIO POR M² (SUGERIDO)						Q	4,995.00

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Evaluación de impacto ambiental inicial

Para dicha evaluación se empleó la matriz de Leopold modificada, la cual permite obtener información relacionada entre la actividad propuesta del proyecto y la relación que esta actividad tiene con los recursos naturales. Para utilizar dicha matriz se debe considerar cada acción (actividad) y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental. Esto crea una interacción en términos de magnitud e importancia.

Por ello, las matrices de este tipo son también llamadas matrices interactivas o causa-efecto. El análisis de esta matriz, para este proyecto se muestra en la sección de apéndice.

2.2. Diseño del tramo carretero comprendido del casco urbano hacia la aldea Las Escobas, municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango

A continuación, se detalla todo el análisis técnico para que involucra el diseño del tramo carretero.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un tramo carretero de 7 kilómetros que obedece a un diseño parcial de la ruta que comunica del casco urbano del municipio hacia el centro arqueológico Chuwa Nima'abäj (antiguamente conocido como Mixco Viejo) cuya longitud total es de 21 kilómetros. El diseño parcial cubre la longitud entre el casco urbano hacia la aldea Las Escobas. El ancho de vía será de entre 5 m – 6 m y la propuesta incluye el diseño para una carpeta de rodadura de pavimento flexible.

El proyecto del tramo carretero beneficiará directamente a los más de 6 500 habitantes de la población de la aldea Las Escobas e indirectamente a 10 000 usuarios más de otras comunidades que transitan por esa vía de comunicación.

2.2.2. Investigación preliminar

La ruta actual que comunica hacia Chuwa Nima'abäj es de terracería. Anteriormente recibía cierto mantenimiento por parte de Covial, pero año con año luego de la época lluviosa el tramo ha sufrido daños considerables. La idea global es la pavimentación total de la ruta que parte de la cabecera municipal hacia la antigua ciudad maya, cuya longitud total es de 21 kilómetros. El diseño propuesto, por tanto, obedece a una primera fase (de tres) con una longitud de 7 kilómetros.

Por la falta de realización del proyecto, el municipio de San Martín Jilotepeque se ve en desventaja en cuanto a la promoción de dicho centro turístico, debido a que las condiciones actuales de la ruta de acceso no permiten tener un desplazamiento óptimo.

En el desarrollo del tramo carretero se perciben dos microclimas, frío, al salir de la cabecera municipal; y cálido, al llegar a la aldea Las Escobas.

2.2.3. Criterios de diseño

Para el desarrollo del proyecto se consideraron los siguientes criterios de diseño, basándose en una investigación de campo y las realidades del lugar. Se hace referencia a las normas de la Dirección General de Caminos para una carretera tipo F, ver tabla XLVIII.

Tránsito promedio (t.p.d)	De 10 – 100
Tipo de carretera	Tipo F
Ancho de calzada	5,50 m
Tipo de terreno	Zonas llanas, onduladas y montañosas
Velocidades de diseño	Oscilan entre 20 km/h – 40 km/h
Radio mínimo y pendientes máximas	Dependerá del tipo de terreno analizado

En los 7 kilómetros el comportamiento del terreno varía entre regiones llanas, onduladas y montañosas, por lo que el tipo de terreno se trabajó con base en la topografía presentada. La velocidad de diseño depende del tipo de terreno analizado, ver tabla XLVIII. y como este proyecto es para una carretera tipo F, se utilizarán velocidades de 20 km/h, 30 km/h y 40 km/h. Cada tipo de terreno da un valor mínimo para el radio, por lo que este valor dependerá del tipo de terreno en cuestión. Lo mismo ocurre para los valores de pendiente máxima.

En la tabla XLVIII se muestran los criterios de diseño para una carretera tipo F y se encuadran los criterios para este proyecto en particular.

2.2.4. Levantamiento topográfico

El factor determinante para el levantamiento topográfico fue el ancho de calzada, ya que se tomó en una franja de ancho variable (que oscila entre 5 m – 7 m) hasta los linderos delimitados por los vecinos, sin recurrir a la toma de datos hasta la longitud del derecho de vía, 15 m para carretera tipo F, según tabla XLVIII, para evitar entrar en conflicto con los vecinos y por cuestión presupuestaria.

2.2.4.1. Planimetría

Este proceso abarca todos los trabajos efectuados en campo para representarlos gráficamente desde una vista en planta, es decir, una proyección sobre un plano horizontal, en dos dimensiones.

Se realizó el levantamiento topográfico planimétrico utilizando una poligonal abierta, con el método de conservación de azimut, con orientación de estación a estación de 180 °.

Tabla XLVIII. Características geométricas de la carretera en estado final

T.P.D. DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VÍA	RADIO MÍNIMO	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m.)	RECOMEN-DADA (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN-DADA (m)
3 000 A 5 000	TIPO "A"		2x7,20	25	24	50						
	REGIONES											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1 500 A 3 000	TIPO "B"		7,20	13	12	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A 1 500	TIPO "C"		6,50	12	11	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A 900	TIPO "D"		6,00	11	10	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A 500	TIPO "E"		5,50	9,50	8,50	25						
	REGIONES											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A 100	TIPO "F"		5,50	9,50	8,50	15						
	REGIONES											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

- Nota: 1) TPD = Tránsito promedio diario.
2) Distancia de visibilidad de parada = Longitud mínima de curva vertical

Fuente: FUENTES, Marvin. *Diseño de carretera y pavimento del tramo vial comprendido entre el caserío Rustrán y la bifurcación con la carretera departamental No. 1, municipio de Villa Canales.* p. 9.

En cada una de las estaciones se dejaron marcas, así como en los puntos de la línea central, a una distancia aproximadamente de 20 m. Se consideraron puntos tales como fondo de cuneta natural, orilla de camino, línea central, postes, entre otros.

- Equipo utilizado:
 - Teodolito marca South serie ET
 - Trípode
 - Brújula
 - Plomada
 - Cinta métrica de 30 m
 - Trompos y pintura (para identificar estaciones)

2.2.4.2. Altimetría

Involucra todos los trabajos en campo necesarios para obtener la información que permita la representación del terreno en una tercera dimensión.

Se realizó el levantamiento topográfico de altimetría con el método de nivelación taquimétrica, el cual permite obtener desniveles entre puntos, con observaciones de distancias cenitales de cualquier inclinación (ángulo vertical) y lecturas de los hilos estadimétricos - superior, medio e inferior - vistos en el estadal.

Con la información tomada en campo se determinó los cambios de elevación entre puntos de interés, tales como fondo de cuneta natural, orilla de camino, línea central, entre otros. Se procuró obtener la información a cada 20 metros sobre tangentes y en curvas horizontales a cada 5 m o 10 m.

- Equipo utilizado:
 - Teodolito marca South serie ET
 - Trípode
 - Estadía o estadal

2.2.4.3. Secciones transversales

Las secciones transversales son cortes verticales perpendiculares al eje del alineamiento horizontal de la carretera. Están definidas por la corona, las cunetas, los taludes, contracunetas y el terreno comprendido dentro del derecho de vía.

Puesto que para este proyecto se consideró solamente el ancho de vía actual, los límites que definen las secciones transversales fueron los puntos llamados fondo de cuneta natural. Así mismo se tomaron otros datos de puntos para tenerlos en cuenta en el diseño transversal, tales como postes, casas y otros elementos cercanos a la orilla del camino que no estaban dentro de una propiedad privada.

2.2.5. Cálculo topográfico

El cálculo topográfico se divide en planimétrico y altimétrico.

2.2.5.1. Cálculo planimétrico

El método utilizado fue Pensilvania, que permitió obtener las coordenadas totales de la línea central preliminar.

Este método consiste en calcular coordenadas parciales por medio de la aplicación de funciones trigonométricas (seno y coseno). Se asumió arbitrariamente los valores de coordenadas totales para la estación E - 0, de X = 10 000; Y = 10 000.

- Ejemplo: calculando coordenadas parciales para E-1.

Tabla XLIX. **Libreta de campo**

EST.	PO	Azimut			DH (m)	Observaciones
		Grados	Minutos	Segundos		
E-0	E-1	134	13	45	145	Estación
E-1	E-2	94	11	30	112	Estación

Fuente: elaboración propia.

Para el eje X (longitud):

$$\Delta x = \text{seno } \alpha * DH$$

$$\Delta x = \text{seno } (134,2291) * 145$$

$$\Delta x = 103,90$$

Para el eje Y (latitud):

$$\Delta y = \text{coseno } \alpha * DH$$

$$\Delta y = \text{coseno } (134,2291) * 145$$

$$\Delta y = -101,14$$

- Calculando coordenadas parciales para E-2:

Para el eje X (longitud):

$$\Delta x = \text{seno } \alpha * DH$$

$$\Delta x = \text{seno } (94,1916) * 112$$

$$\Delta x = 111,70$$

Para el eje Y (latitud):

$$\Delta y = \text{coseno } \alpha * DH$$

$$\Delta y = \text{coseno } (94,1916) * 112$$

$$\Delta y = -8,18$$

La primera coordenada total se asignó arbitrariamente. Para el siguiente par de coordenadas totales se efectúa la suma algebraica del par de coordenadas totales anterior más las coordenadas parciales de la estación analizada.

Tabla L. **Coordenadas parciales y totales**

EST.	PO	Δx	Δy	X total	Y total
E-0				10 000	10 000
E-0	E-1	103,90	-101,14	10 103,90	9 898,86
E-1	E-2	111,70	-8,18	10 215,6	9 890,68

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.2. Cálculo altimétrico

Para el cálculo de la nivelación taquimétrica se asume que la cota de la estación E-0 es de 5 000 m.

Al aplicar este método en campo se debe visualizar el punto, anotar el ángulo vertical, fijar la vista del teodolito en la estadía para realizar la lectura de los hilos estadimetricos correspondientes. Teniendo dichos valores se procede a calcular la distancia horizontal por medio de la siguiente fórmula:

$$DH = (Hs - Hi) * 100 * \text{seno}^2\beta$$

Donde:

DH: Distancia horizontal
Hs: Hilo estadimetrico superior

- Hi: Hilo estadimetrico inferior
 β : Ángulo vertical (leído del teodolito)

En la figura 65 se presenta el diagrama para este tipo de nivelación y por relaciones geométricas se obtiene que el cambio de elevación (Δ) entre las estaciones es:

$$\Delta = V + H - R$$

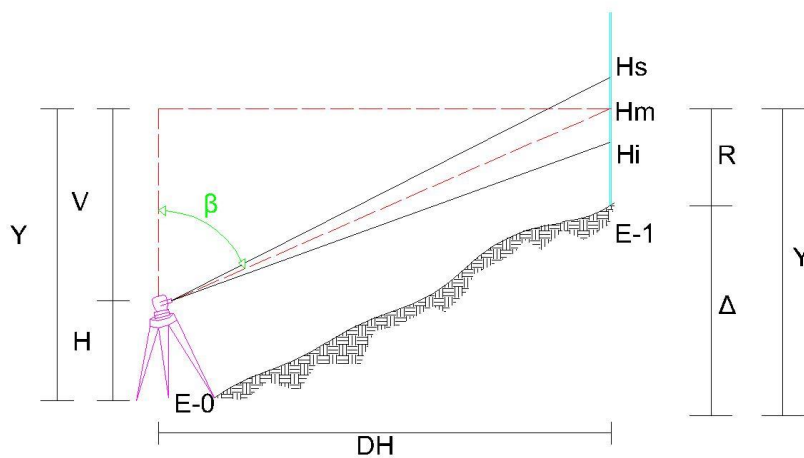
Donde:

- V: Altura entre el lente del teodolito y el hilo medio (Hm)
 R: Equivalente al valor del hilo medio
 H: Altura del instrumento (medida en campo)

El valor de V se obtiene por relaciones trigonométricas, resolviendo tal que:

$$V = DH / \text{tg}\beta$$

Figura 65. Diagrama de nivelación taquimétrica



Fuente: elaboración propia.

- Ejemplo:

Tabla LI. **Libreta para nivelación**

EST	PO	Ángulo vertical (β)			Hilos			H (m)	Observaciones
		Grados	Minutos	Seg.	Hs	Hm	Hi		
E-0	E-1	89	23	15	1,725	1	0,275	1,49	Estación
E-1	E-2	88	37	0	1,558	1	0,442	1,5	Estación

Fuente: elaboración propia.

- Calculando DH para E-0:

$$DH = (1,725 - 0,275) * 100 * \text{seno}^2(89,3875)$$

$$DH = 144,98 \text{ m}$$

- Calculando V para E-0:

$$V = 144,98 / \text{tg}(89,3875)$$

$$V = 1,55$$

- Calculando DH para E-1:

$$DH = (1,558 - 0,442) * 100 * \text{seno}^2(88,6166)$$

$$DH = 111,53 \text{ m}$$

- Calculando V para E-1:

$$V = 111,53 / \text{tg}(88,6166)$$

$$V = 2,6$$

La cota para cada estación es la suma algebraica del cambio de elevación (Δ) entre las estaciones analizadas, más la cota de la estación anterior.

Tabla LII. **Cotas de nivelación**

EST.	P.O.	DH (m)	V	Δ	Cota (Z)
E-0					5 000
E-0	E-1	144,98	1,55	2,04	5 002,04
E-1	E-2	111,53	2,69	3,19	5 005,23

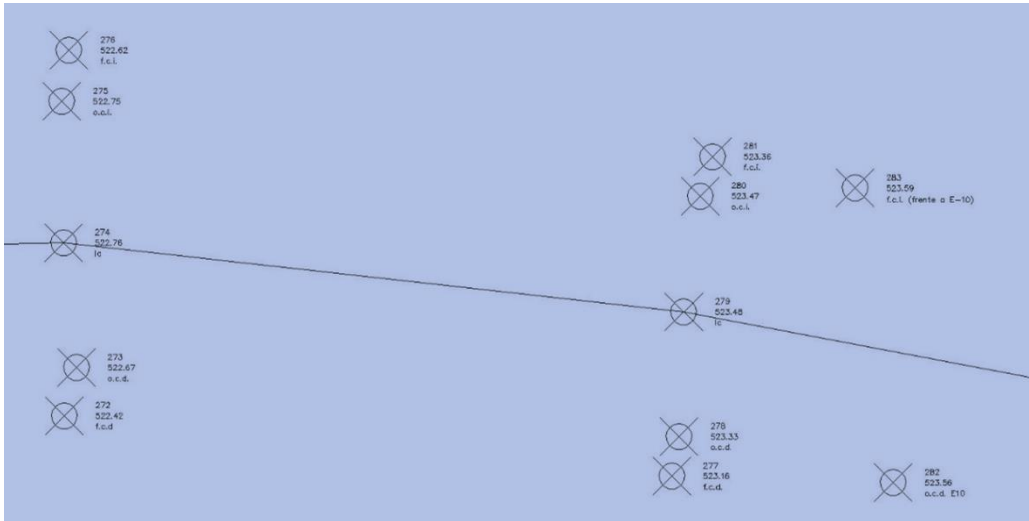
Fuente: elaboración propia.

2.2.6. **Diseño geométrico de carreteras**

Al procesar los datos topográficos de planimetría y altimetría tal como se explicó anteriormente, se obtuvo las tres coordenadas (X, Y, Z) que permitieron dibujar los puntos en el software AutoCAD Civil 3D y así empezar a realizar el diseño geométrico, ver figura 66.

El diseño geométrico de una carretera lo conforma el alineamiento horizontal, que no es más que el diseño en dos dimensiones (planta) y el alineamiento vertical, que consiste en darle una proyección vertical al diseño horizontal.

Figura 66. Puntos tomados en campo dibujados en AutoCAD Civil 3D



Fuente: elaboración propia.

2.2.6.1. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal de una carretera está compuesto por tangentes, curvas circulares y ocasionalmente espirales de transición. La práctica del diseño de alineamiento horizontal se enfoca en el diseño de curvas horizontales como características de control de diseño de carretera. Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut; este último definirá la dirección de las tangentes.

2.2.6.1.1. Curvas horizontales

Las curvas horizontales son el arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes consecutivas. Están conformadas por los siguientes elementos:

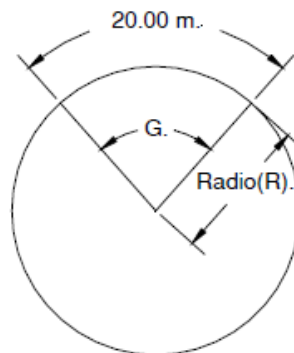
- Grado de curvatura (G). Es el ángulo central que subtiende un arco cuya longitud de circunferencia es igual a 20 m. De esta definición y basándonos en la siguiente gráfica, se obtiene la fórmula descrita.
- Delta o deflexión (Δ). Es el ángulo barrido desde la proyección de la tangente 1 hacia la tangente 2. Puesto que la tangente está definida por un azimut, el delta se obtiene de la resta de estos:

$$\Delta = Az2 - Az1$$

- Longitud de curva (L). Es la longitud del arco comprendida entre el PC y PT. El valor viene dado por:

$$L = (20 * \Delta) / G$$

Figura 67. **Grado de curvatura (G)**



$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2\pi R} \Rightarrow R = \frac{20 * 360}{2\pi G} = \frac{1145.9156}{G} \Rightarrow G = \frac{1145.9156}{R}$$

Fuente: HERNÁNDEZ, Nery. *Diseño del tramo carretero comprendido de la comunidad Volcancito, hacia la comunidad Sam Greene, Tukurú, Alta Verapaz.* p. 19.

- Subtangente (St). Es la distancia que existe entre el PC y el PI o bien entre el PI y el PT. Se obtiene por:

$$St = R * \tan (\Delta/2)$$

- Cuerda máxima (CM). Es la distancia en línea recta desde el PC al PT.

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

- External (E). Se define como la distancia desde el PI al punto medio de la curva horizontal.

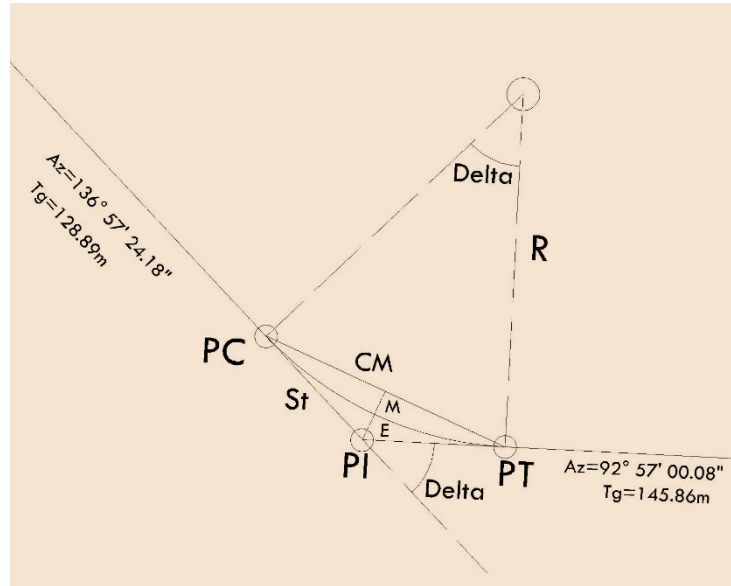
$$E = R * (\sec (\Delta/2) - 1)$$

- Ordenada máxima (M). Distancia entre el punto medio de la curva horizontal y el punto medio de la cuerda máxima.

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

Los elementos antes descritos se ilustran en la siguiente figura, que corresponde a la primera curva horizontal del alineamiento horizontal de este proyecto.

Figura 68. Elementos de una curva horizontal



Fuente: elaboración propia.

La metodología empleada para el diseño de las curvas horizontales en base a la línea preliminar obtenida de los cálculos topográficos fue la siguiente:

- Definir el radio que mejor se acomodaba a las curvas horizontales de la línea preliminar, con base en los radios dados por la tabla LIII. El dibujo de la curva horizontal se realizó con trazos de líneas desde el software AutoCAD Civil 3D.
- Establecer la velocidad de diseño para el radio escogido, respetando los valores del radio mínimo para cada velocidad, según tabla XLVIII.
- En base al radio y velocidad de diseño se determinó el grado de curvatura G. Los valores se muestran en la tabla LIII.

- El delta fue calculado por la resta de azimut de las tangentes analizadas.

Tabla LIII. Especificaciones para curvas horizontales

G	RADIO	20 K.P.H.				30 K.P.H.				40 K.P.H.			
		DB = 10				DB = 11				DB = 12			
		e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA
1	1145,92	0,20	11	0,80	0,00	0,50	17	0,80	0,00	0,80	22	1,10	0,00
2	572,96	0,40	11	1,10	0,00	0,90	17	1,70	0,00	1,60	22	2,20	0,00
3	381,97	0,60	11	1,70	0,00	1,30	17	2,50	0,00	2,30	22	3,30	0,60
4	286,48	0,80	11	2,20	0,00	1,70	17	3,30	0,80	3,00	22	4,40	0,80
5	229,18	1,00	11	2,80	0,00	2,10	17	4,20	0,80	3,70	22	5,60	0,80
6	190,99	1,20	11	3,30	0,60	2,50	17	5,00	0,60	4,40	22	6,70	0,60
7	163,70	1,30	11	3,90	0,60	2,90	17	5,80	0,60	5,00	22	7,80	0,60
8	143,24	1,50	11	4,40	0,60	3,30	17	6,70	0,60	5,50	22	8,90	0,60
9	127,32	1,70	11	5,00	0,60	3,70	17	7,50	0,60	6,10	24	10,60	0,65
10	114,59	1,90	11	5,60	0,60	4,00	17	8,30	0,61	6,60	25	12,70	0,70
11	104,17	2,10	11	6,10	0,60	4,40	17	9,20	0,65	7,00	27	15,00	0,75
12	95,49	2,20	11	6,70	0,60	4,70	17	10,10	0,70	7,50	29	17,40	0,80
13	88,15	2,40	11	7,20	0,64	5,00	18	11,70	0,74	7,90	31	19,80	0,85
14	81,85	2,60	11	7,80	0,68	5,40	19	13,40	0,79	8,20	32	22,40	0,90
15	76,39	2,70	11	8,30	0,72	5,70	20	15,10	0,83	8,60	33	24,90	0,95
16	71,62	2,90	11	8,90	0,76	6,00	21	17,00	0,87	8,90	34	27,50	0,99
17	67,41	3,10	11	9,40	0,80	6,20	22	18,90	0,92	9,10	35	30,10	1,04
18	63,66	3,20	11	10,00	0,84	6,50	23	20,90	0,96	9,40	36	32,60	1,09
19	60,31	3,40	11	10,60	0,88	6,80	24	22,90	1,00	9,50	37	35,20	1,13
20	57,30	3,60	12	11,70	0,92	7,00	25	25,00	1,05	9,70	38	37,60	1,18
21	54,57	3,70	12	12,80	0,95	7,30	26	27,20	1,09	9,80	38	40,00	1,23
22	52,09	3,90	13	14,00	0,99	7,50	27	29,40	1,13	9,90	38	42,30	1,27
23	49,82	4,00	13	15,20	1,03	7,70	28	31,70	1,17	10,00	39	44,50	1,32
24	47,75	4,20	14	16,40	1,07	7,90	28	33,90	1,22	10,00	39	46,50	1,36
25	45,84	4,30	14	17,70	1,11	8,10	29	36,20	1,26				
26	44,07	4,50	15	19,10	1,15	8,30	30	38,60	1,30				
27	42,44	4,60	15	20,40	1,19	8,50	30	40,90	1,34				
28	40,93	4,80	16	21,90	1,23	8,70	31	43,30	1,38				
29	39,51	4,90	16	23,30	1,27	8,80	31	45,70	1,42				
30	38,20	5,10	17	24,80	1,30	9,00	32	48,00	1,47				
31	36,97	5,20	17	26,30	1,34	9,10	33	50,40	1,51				
32	35,81	5,30	17	27,90	1,38	9,30	33	52,80	1,55				
33	34,72	5,50	18	29,50	1,40	9,40	33	55,10	1,59				
34	33,70	5,60	18	31,10	1,46	9,50	34	57,40	1,63				
35	32,74	5,70	19	32,80	1,50	9,60	34	59,70	1,67				
36	31,83	5,90	19	34,50	1,53	9,70	34	62,00	1,71				
37	30,97	6,00	20	36,20	1,57	9,80	35	64,20	1,75				
38	30,16	6,10	20	38,00	1,61	9,80	35	66,40	1,79				
39	29,38	6,20	20	39,70	1,65	9,90	35	68,50	1,83				

Fuente: FUENTES, Marvin. *Diseño de carretera y pavimento del tramo vial comprendido entre el caserío Rustrían y la bifurcación con la carretera departamental No. 1, municipio de Villa Canales*. p. 14.

- Ejemplo: diseño de curva horizontal.

- Datos:

$$Azimut\ 1 = 136^{\circ} 57' 24,18''$$

$$Azimut\ 2 = 92^{\circ} 57' 00,08''$$

$$PC = 0 + 128,89$$

Aplicando la metodología anteriormente descrita, tenemos que:

- El radio escogido es $R = 67,41\ m$.
- Basándose en el radio anterior, se escoge una velocidad de diseño de $40\ km/h$, ya que el valor escogido del radio es mayor que el radio mínimo correspondiente a dicha velocidad. Ver tabla XLVIII.
- Para el valor del radio escogido, el valor correspondiente para G es: 17° .
- De la resta de azimut, tenemos que, $\Delta = 44^{\circ} 0' 24''$.

Con los datos obtenidos se procede a calcular los elementos de la curva horizontal:

- Longitud de curva: $L = (20 \times 44^{\circ} 0' 24'') / 17^{\circ} = 51,77\ m$
- Subtangente: $St = 67,41 \times \tan(44^{\circ} 0' 24'' / 2) = 27,24\ m$
- Cuerda máxima: $CM = 2 * 67,41 * \sin(44^{\circ} 0' 24'' / 2) = 50,51\ m$
- External: $E = 67,41 \times (\sec(44^{\circ} 0' 24'' / 2) - 1) = 5,30\ m$
- Ordenada máxima: $M = 67,41 * (1 - \cos(44^{\circ} 0' 24'' / 2)) = 4,91\ m$

El procedimiento anterior es aplicado para el diseño de cada curva horizontal de este proyecto. El valor del radio será el factor determinante para establecer el valor de velocidad de diseño en cada curva horizontal.

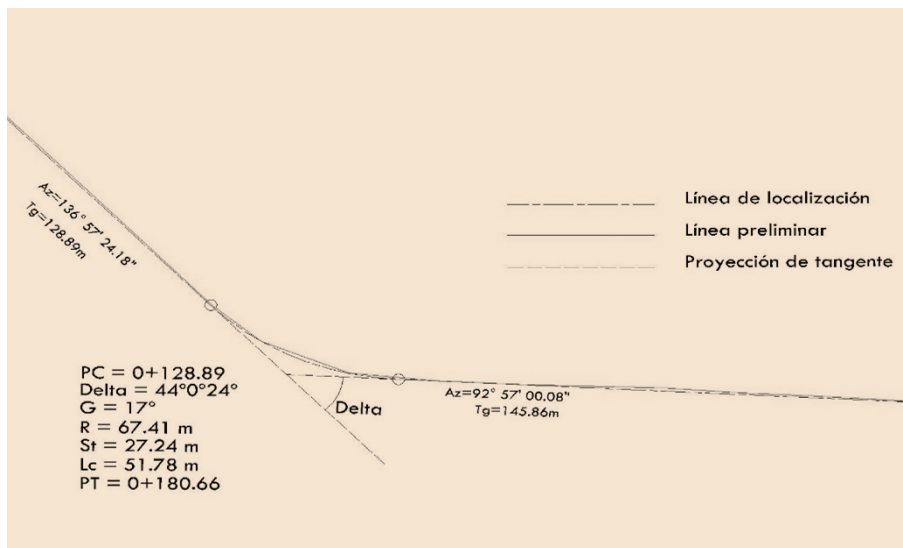
Siempre se tratará de aproximar el valor del radio a uno de los valores dados en la tabla LIII, por facilidad.

Para calcular el estacionamiento de la curva se realiza el siguiente procedimiento:

- $PC = 0 + 128,89$ (valor dado, corresponde a la distancia de la tangente 1 por ser la primera curva del alineamiento).
- $PT = PC + LC = 0 + (128,89 + 51,77) = 0 + 180,66$.

En la siguiente figura se muestra los valores de diseño para la primera curva horizontal de este proyecto.

Figura 69. **Ejemplo de curva horizontal**



Fuente: elaboración propia.

2.2.6.1.2. Curvas de transición

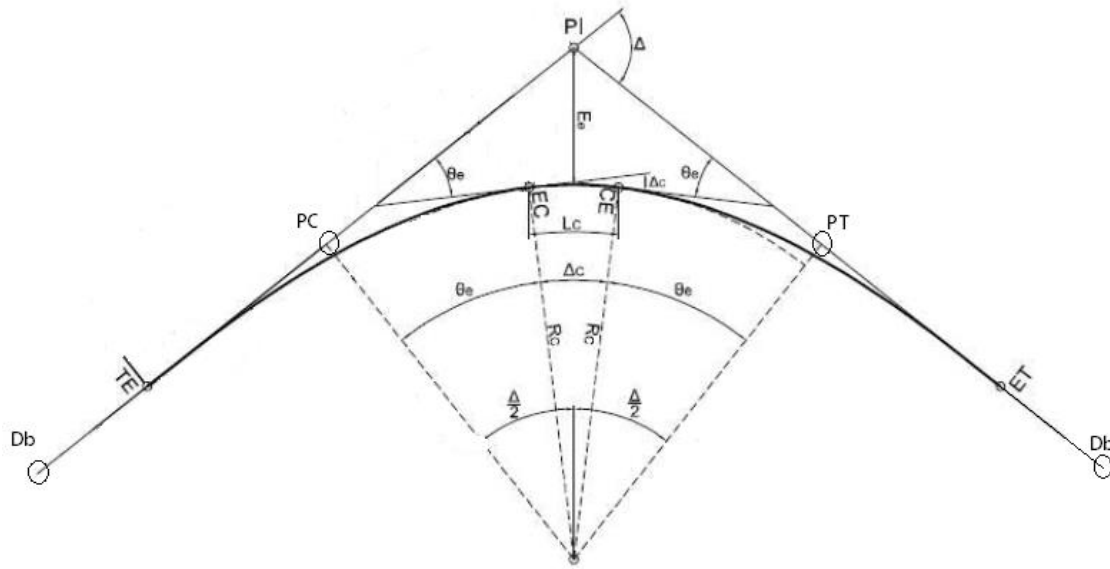
Durante el recorrido que realiza un vehículo en una carretera pasa de secciones rectas (tangentes) a determinadas curvas horizontales. Para dar seguridad y comodidad al conductor en ese recorrido al entrar o salir de la curva, se desarrolla un elemento de diseño con forma de espiral que se denomina curva de transición.

La curva de transición permite pasar de la tangente a la sección de los tramos en curva. Para ello se diseña el elemento con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

La longitud de transición es la distancia medida desde el punto donde la tangente se conecta con la espiral (TE) hasta el final de la espiral donde converge con la curva circular (EC). En el caso de salida, empieza en el punto donde la curva se une con la espiral (CE) y finaliza hasta el punto de contacto de la espiral con la tangente (ET). En los puntos PC y PT, la longitud de la curva de transición es la mitad de su longitud total, es decir, que la curva de transición se desarrolla en un 50 % sobre la tangente y en un 50 % dentro de la curva. En la figura 70 se muestran los puntos mencionados anteriormente.

Para este proyecto, las longitudes de transición L_s son tomadas de la tabla LIII (ver desarrollo de numeral anterior), cuyo valor está en función del valor del radio de curva horizontal y la velocidad de diseño.

Figura 70. **Curva de transición y distancia de bombeo**



Fuente: elaboración propia.

2.2.6.1.3. Distancia de bombeo

En una sección normal de la tangente, existe una pendiente transversal del ancho de calzada o bombeo, la cual es una pendiente que se le da a la sección del camino hacia uno y otro lado desde la línea central, cuya función es evitar que exista acumulación del agua sobre la carretera.

El valor del bombeo está en función del tipo de superficie y clima del lugar. Para este proyecto se utilizará un valor de 3 % porque la superficie de rodadura es pavimento flexible. Otros valores están indicados en la tabla LIV.

En la figura 70 puede notarse que existe un punto Db; este corresponde a la distancia de bombeo. Dicho valor se toma como la distancia que debe tener la tangente del alineamiento horizontal hasta el punto donde se une con la espiral (TE) para que la pendiente transversal del ancho de calzada del carril interno o externo alcance un valor igual a 0 %.

Tabla LIV. **Valor de pendiente transversal o bombeo**

Eficiencia	Tipo de superficie de rodadura	Bombeo %
Muy buena	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico, tendido con colocadoras mecánicas.	1 a 3
Buena	Superficie de concreto asfáltico, tendido con motoniveladora.	2 a 3
Regular a mala	Superficie de tierra o grava.	2 a 4

Fuente: HERNÁNDEZ, Allan. *Diseño geométrico de la carretera para libramiento del municipio de Palencia*. p. 53.

Los valores de la distancia de bombeo por utilizar en este proyecto se mencionan en la descripción del numeral 2.2.6.1.1, ver tabla LIII, cuyo valor varía dependiendo la velocidad de diseño a utilizar.

2.2.6.1.4. Peralte

Se denomina peralte “e” a la sobreelevación de la parte exterior de un carril en curva, con relación a la parte interior del mismo.

Es necesario peraltar una curva cuando un vehículo viaja en ella a una velocidad determinada, para contrarrestar las fuerzas centrífugas y el efecto adverso de la fricción que se produce entre la llanta y el pavimento.

Los valores del peralte dependen de las condiciones climáticas, topografía del terreno y tipo de área donde se ubique la carretera. Se recomiendan para diseño los factores de peralte en diferentes tipos de área indicados en la tabla siguiente.

Tabla LV. **Valores de peralte para distintas áreas**

Peralte "e" en (%)	Tipo de área
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: LECLAIR, Raúl. *Normas para el diseño geométrico de carreteras regionales*. p. 127.

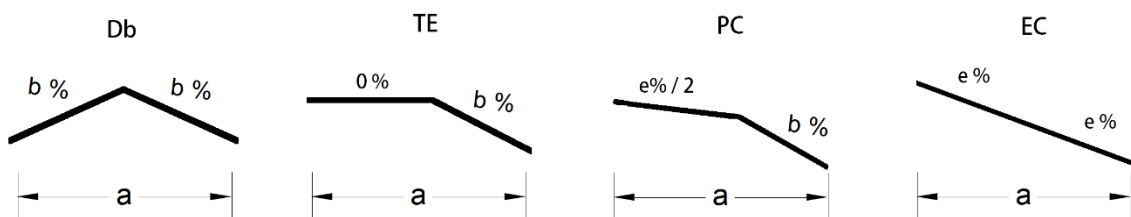
En casos extremos se utiliza un valor máximo alrededor de 12 %, en cuya situación deberá considerarse incrementar el ancho de carril para que los vehículos pesados no invadan el carril de sentido contrario. El peralte máximo de diseño por utilizar en este proyecto corresponde a un valor de 10 %. En la tabla LIII se indican los valores de peralte requeridos para cada velocidad de diseño en función de los radios adoptados para las curvas.

- Transición de bombeo y transición de peralte. La distancia de bombeo es la longitud que necesita la carretera para que el carril externo cambie de un valor de bombeo del 3 % a 0 %, o viceversa. Es decir, que en el punto Db, la pendiente transversal en ambos carriles es $b \% = 3 \%$ y en el punto de unión entre la tangente y la espiral TE el carril externo adquiere un valor de bombeo igual a 0 %. Mientras tanto, el carril interno mantendrá siempre el valor del bombeo adoptado, es decir, igual a 3 %.

A partir del punto TE inicia la curva de transición y con ello empieza el desarrollo de la longitud de transición del peralte, que no es más que la longitud que necesita la carretera para cambiar la pendiente de bombeo del carril externo de 0 % al valor del peralte máximo, o viceversa. El valor del peralte máximo ocurrirá en el punto EC y CE, según sea el caso de entrada o salida sobre la curva; y en los puntos PC y PT, el carril externo alcanza un peralte de 0,5e %. El valor de la longitud de transición del peralte es el mismo que de la longitud de espiral.

Gráficamente puede verse esta situación en la figura 71.

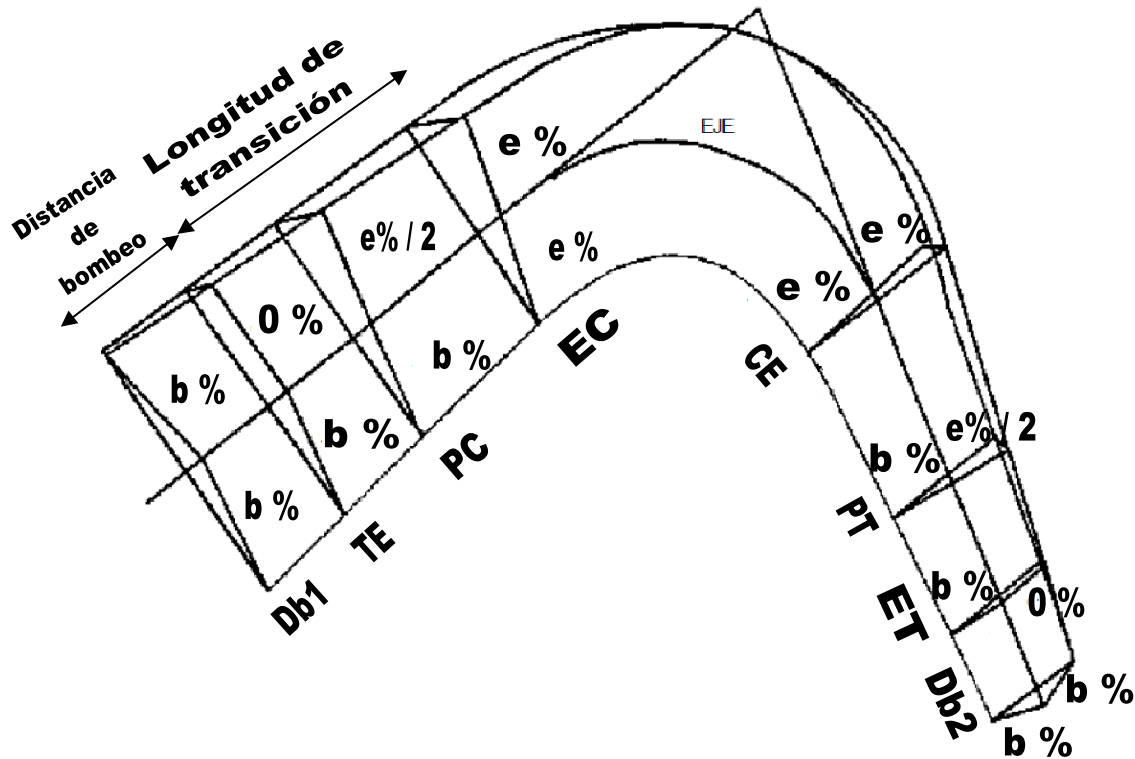
Figura 71. **Variación transversal de bombeo y peralte**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 72 se muestra el diagrama general de la transición del bombeo y del peralte en una curva horizontal. Entre los puntos EC y CE el valor del peralte es el máximo, correspondiente al adoptado de la tabla LIII.

Figura 72. Diagrama de transición de bombeo y peralte



Fuente: LECLAIR, Raúl. *Normas para el diseño geométrico de carreteras regionales*. p. 127.

2.2.6.1.5. Sobreancho

Los sobreanchos S_a se diseñan para las curvas horizontales y son anchos adicionales de la superficie de rodadura. Permiten compensar el mayor espacio requerido por los vehículos en carriles angostos, facilitando así las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura y cómoda.

Los sobreanchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación.

El sobreancho se aplica totalmente en la parte interna de la calzada y debe efectuarse sobre la longitud total de la curva de transición, siempre desarrollándose en proporción uniforme.

Los valores de diseño para los sobreanchos en curvas horizontales son los indicados en la tabla LIII.

En los puntos TE y ET, según la figura 72, el valor del sobreancho es igual a 0. En los puntos PC y PT el valor es igual a la mitad del valor total; en los puntos EC y CE se da el valor total del sobreancho.

- Ejemplo: diseño de curva horizontal

A continuación, se muestran los pasos de cálculo para diseñar la curva horizontal mostrada en la figura 69; de ella, se tiene que $G = 17^\circ$, $R = 67,41 \text{ m}$. Con estos valores, se tomarán en cuenta las especificaciones indicadas en la tabla LIII para definir la curva de transición, distancia de bombeo, peralte y sobreancho.

- Datos:

$$V = 40 \text{ km/h}$$

$$DB = 12$$

$$LS = 35$$

$$e = 9,10 \%$$

$$Sa = 1,04$$

De la figura 70 se sabe que antes de la estación PC se inicia la curva de transición y la distancia de bombeo, TE y Db1, respectivamente, los cuales, por definición se calculan como,

$$TE = PC - LS/2$$

$$TE = 0 + \left(128,89 - \frac{35}{2}\right) = 0 + 111,39$$

$$Db1 = TE - Db$$

$$Db1 = 0 + (111,39 - 12) = 0 + 99,39$$

Al continuar el recorrido de la curva, tenemos que "EC" y "CE", vienen dados por,

$$EC = PC + LS/2$$

$$EC = 0 + \left(128,89 + \frac{35}{2}\right) = 0 + 146,39$$

$$CE = PT - LS/2$$

$$CE = 0 + \left(180,66 - \frac{35}{2}\right) = 0 + 163,16$$

Para finalizar la curva de transición y nuevamente la distancia de bombeo, tenemos que "ET" y "Db2",

$$ET = PT + LS/2$$

$$ET = 0 + \left(180,66 + \frac{35}{2}\right) = 0 + 198,16$$

$$Db2 = ET + Db$$

$$Db2 = 0 + (198,16 + 12) = 0 + 210,16$$

Por relación de triángulos, se generan las siguientes ecuaciones para el peralte y sobreebancho.

$$e = (e_{max} \times x) / LS$$

$$e = \frac{9,1 (120 - 111,39)}{35} = 2,24$$

$$Sa = (S_{amax} \times x) / LS$$

$$Sa = \frac{1,04 (120 - 111,39)}{35} = 0,26$$

En la siguiente tabla se muestra el resumen para la curva horizontal diseñada. En la sección de apéndice se detallan las demás curvas horizontales de este proyecto.

Tabla LVI. **Resumen del diseño de curva horizontal**

	EST	V	e %	Sa	Bombeo
Db1	0 + 099,39	V = 40 km/h G=17°			
	0 + 100,00				
TE	0 + 111,39		0,00	0,00	3 % /— 0 %
	0 + 120,00		2,24	0,26	3 % / \ 2,24 %
PC	0 + 128,89		4,55	0,52	3 % / \ 4,55 %
	0 + 140,00		7,44	0,85	7,44 % /
EC	0 + 146,39		9,10	1,04	9,1 % /
	0 + 160,00		9,10	1,04	9,1 % /
CE	0 + 163,16		9,10	1,04	9,1 % /
	0 + 180,00		4,72	0,54	4,72 % /

Continuación tabla LVI.

PT	0 + 180,66		4,55	0,52	3 % \wedge 4,55 %
ET	0 + 198,16		0,00	0,00	3 % /— 0 %
	0 + 200,00				
Db2	0 + 210,16				

Fuente: elaboración propia.

2.2.6.2. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical de una carretera está ligado estrechamente y depende de la configuración topográfica del terreno donde se localice la obra. Se compone de líneas rectas y curvas en el plano vertical, identificándose las subidas o pendientes ascendentes con un signo positivo (+), y las bajadas con signo negativo (-), expresadas usualmente en porcentajes.

2.2.6.2.1. Subrasante

La subrasante es la línea de diseño que se genera al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje del camino, sobre el perfil natural del terreno, este último obtenido mediante el levantamiento topográfico.

El nivel de la subrasante en cualquier punto es el nivel al cual se debe hacer llegar el terreno natural para poder colocar sobre él las capas de las que consiste el pavimento, tomando en cuenta la pendiente de bombeo.

En el diseño vertical, el perfil longitudinal lo forma la subrasante, que está constituida por una serie de rectas, llamadas tangentes, enlazadas por arcos verticales parabólicos.

Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente. Están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia horizontal medida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre los dos puntos de la misma. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV.

Puesto que el diseño de este proyecto se desarrolla en tramos de terrenos ondulados y montañosos, por razones de economía, la subrasante se acomodará lo más posible a las inflexiones del terreno, es decir, al relieve original del terreno.

2.2.6.2.2. Pendientes

La pendiente de la tangente es aquella que se le da a la línea de subrasante para dominar un desnivel determinado. Está en función de las características del tránsito y la configuración del terreno. En la tabla LVII se muestran los valores de pendiente máxima a utilizar en este proyecto, cuyos valores hacen alusión a los presentados en la tabla XLVIII (corresponden a una carretera Tipo F).

A la diferencia algebraica existente entre los valores de pendientes que ocurre en el punto PIV se le representa con la letra A. Por tanto:

$$A = |P_s - P_e|$$

Donde:

- A: Diferencia algebraica entre pendientes de tangentes
- P_s: Pendiente de la tangente saliente de la curva vertical
- P_e: Pendiente de la tangente entrante de la curva vertical

Tabla LVII. **Valores de pendientes máxima**

Tipo de terreno	Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente máxima (m)	Distancia visibilidad de parada recomendada (m)
Llana	40	10	50
Ondulada	30	12	35
Montañosa	20	14	25

Fuente: elaboración propia, con información de tabla XLVIII.

En relación con el valor de pendiente mínima, es conveniente proveer una pendiente de 0,5 %, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales.

2.2.6.2.3. Curvas verticales

Los tramos consecutivos de subrasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas, con el fin de efectuar un paso gradual de la tangente de entrada a la tangente de salida, proporcionando una operación segura y confortable en el manejo del vehículo. Existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas.

Para el diseño de ambos tipos de curvas verticales existen cuatro criterios que permiten definir la longitud de la curva vertical L , en función de variables como la diferencia algebraica de pendientes A , la velocidad V y el parámetro de curvatura K .

Dichos criterios son: 1) seguridad, 2) apariencia, 3) comodidad y 4) drenaje. Las relaciones para determinar la longitud de curva vertical son:

Seguridad $L = K \times A$

Apariencia $\frac{L}{A} \geq 30$

Comodidad $\frac{L}{A} \geq \frac{V^2}{395}$

Drenaje $\frac{L}{A} \leq 43$

Los valores del parámetro K están dados en la tabla LVIII. El valor de la longitud de curvas verticales será cuando menos el valor de la distancia de visibilidad de parada, según tabla XLVIII.

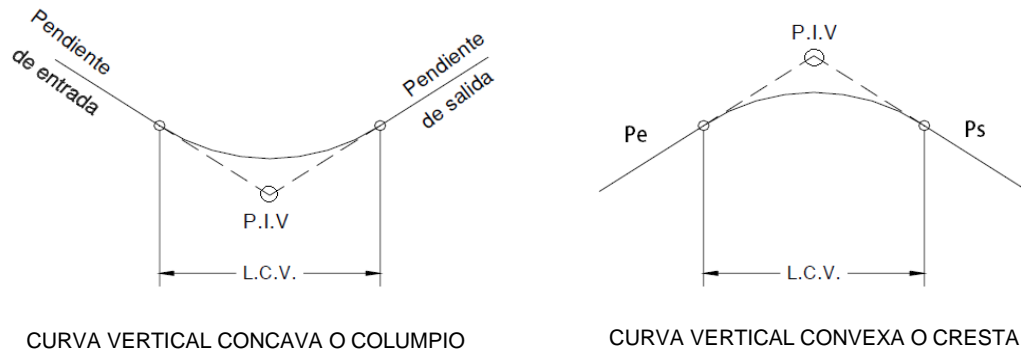
Tabla LVIII. **Valores del parámetro K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (km/h)	Valores de K	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43

Fuente: HERNÁNDEZ, Nery. *Diseño del tramo carretero comprendido de la comunidad Volcancito, hacia la comunidad Sam Greene, Tucurú, Alta Verapaz.* p. 27.

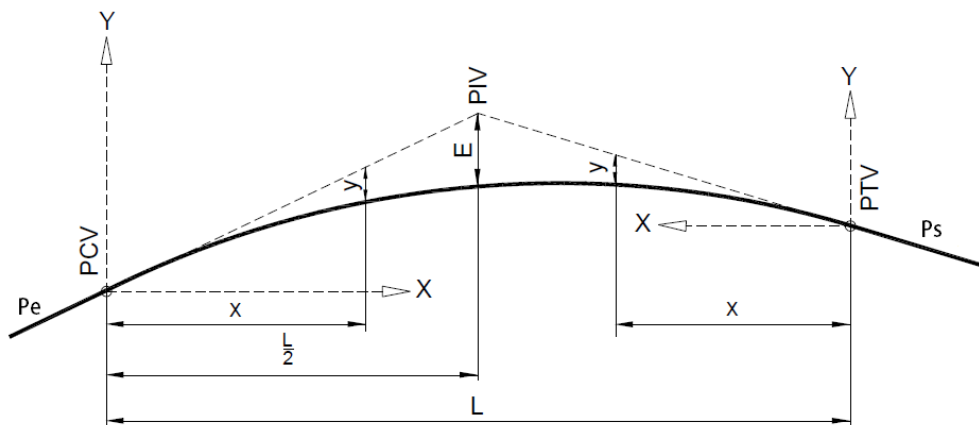
En las figuras siguientes se muestran los tipos de curvas verticales y los elementos que las conforman.

Figura 73. Tipos de curvas vertical



Fuente: HERNÁNDEZ, Nery. *Diseño del tramo carretero comprendido de la comunidad Volcancito, hacia la comunidad Sam Greene, Tukurú, Alta Verapaz.* p. 27.

Figura 74. Elementos de la curva vertical



Fuente: elaboración propia.

Donde:

PCV: Principio de curva vertical

- PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales
 PTV: Término de la curva vertical.
 L: Longitud de la curva vertical (m).
 Pe: Pendiente de la tangente de entrada (%).
 Ps: Pendiente de la tangente de salida (%).
 A: Diferencia algebraica de pendiente.
 E: External, ordenada vertical desde el PIV a la curva, igual a:

$$E = \frac{AL}{800}$$

- X: Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.
 Y: Ordenada vertical en cualquier punto, llamada también corrección de la curva vertical.

2.2.6.2.4. Correcciones a curvas verticales

La corrección máxima en la curva vertical se da en el PIV, que es el valor del external. En los puntos PCV y PTV la corrección tiene un valor igual a 0. Para calcular la corrección en cualquier punto de la curva vertical se utiliza la fórmula siguiente:

$$Y = X^2 \left(\frac{A}{200 \times L} \right)$$

Donde:

- Y: Corrección de la curva vertical u ordenada media.

X:	Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.
A:	Diferencia algebraica de pendientes de tangentes.
L:	Longitud de curva vertical.

La metodología para calcular la curva vertical es la siguiente:

- Analizar los sentidos de las pendientes de las tangentes por medio de sus signos y determinar si es una curva vertical cóncava o convexa.
- Calcular el valor de la diferencia algebraica de pendientes, A.
- Conociendo el valor de la velocidad de diseño, obtener el valor de K correspondiente, según los datos dados en la tabla LVIII.
- Calcular el valor de la longitud de curva vertical, L. Si el valor obtenido de la longitud de curva vertical es menor al valor de la distancia de visibilidad de parada para la velocidad definida en b), se utilizará para diseño el correspondiente a esta distancia. Según valores dados en la tabla XLVIII.
- Si se aplica lo explicado en el inciso d), se debe resolver para el parámetro K la ecuación de la longitud de curva vertical, aplicando los nuevos valores de L y A, es decir, $K = L/A$.
- Con los datos de la estación y elevación del PIV, se procede a calcular el estacionamiento y elevación de los puntos PCV y PTV. Así como estaciones en múltiplos de 20 incluidas entre el principio y final de la curva.

- Posteriormente, se calcula el valor del external y las correcciones de la curva vertical las estaciones intermedias entre el PCV y PTV.
- Finalmente, con los valores obtenidos de las correcciones en los puntos intermedios, se suman estos a los valores originales de elevación para corregir la subrasante.
- Ejemplo: diseño de curva vertical

- Datos:

Pe	= + 1,62 %
Ps	= + 6,56 %
Vel	= 40 km/h
Est. PIV	= 0 + 400
Elev. PIV	= 5 006,56

- Calculando A:

$$A = (6,56 - (+1,62)) = 4,94 \%$$

K = 6, para una curva cóncava y velocidad de diseño de 40 km/h.

La curva vertical recomendada es aquella cuyo trazo define una parábola cuadrática. El criterio de seguridad da un valor de longitud de curva vertical muy aproximado al que debe utilizarse, por ello, a partir del valor generado de dicho criterio, se revisan los tres criterios restantes. Aplicando dichos criterios se tiene que, L:

Seguridad $L = 4,94 \times 6 = 29,64 \text{ m} \approx 30 \text{ m}$

$$L = 29,64 \text{ m} \approx 30 \text{ m}$$

Apariencia

$$\frac{30}{4,94} \geq 30$$

$$6,07 \not\geq 30 \rightarrow \text{No cumple}$$

Comodidad

$$\frac{30}{4,94} \geq \frac{40^2}{395}$$

$$6,07 \geq 4,05 \rightarrow \text{Cumple}$$

Drenaje

$$\frac{30}{4,94} \leq 43$$

$$6,07 \leq 43 \rightarrow \text{Cumple}$$

De lo anterior, tenemos que la longitud de la curva vertical es $L = 30 \text{ m} < 50 \text{ m}$, pero como no puede ser menor que la distancia de visibilidad de parada, se tomará el valor de 50 m , según la tabla XLVIII.

- Calculando K:

$$K = 50/4,94 = 10,12$$

Cálculo estación de PCV:

$$PCV = PIV - (L/2)$$

$$PCV = 0 + (400 - (50/2))$$

$$PCV = 0 + 375$$

$$PTV = 0 + (400 + (50/2))$$

$$PTV = 0 + 425$$

Cálculo elevación de PCV:

$$Elev_{PCV} = Elev_{PIV} - Pe(L/2)$$

$$Elev_{PCV} = 5\ 006,56 - 0,0162(50/2)$$

Cálculo estación de PTV:

$$PTV = PIV + (L/2)$$

$$Elev_{PCV} = 5\ 006,15$$

Cálculo elevación de PTV:

$$Elev_{PTV} = 5\,006,56 + 0,0656(50/2)$$

$$Elev_{PTV} = Elev_{PIV} + Ps(L/2)$$

$$Elev_{PCV} = 500$$

- Determinando valor de E:

$$E = \frac{(4,94 \times 50)}{800} = 0,31$$

- Calculando datos de correcciones:

$$Y = (380 - 375)^2 \left(\frac{4,94}{200 \times 50} \right) = 0,012$$

Los demás datos de las correcciones se calculan igual al procedimiento anterior. En la siguiente tabla se muestra el resumen para esta curva vertical, la cual corresponde a la primera curva vertical de este proyecto.

Tabla LIX. **Resumen del diseño de curva vertical**

	EST.	V	L	Pendiente	Elev. Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
PCV	0 + 375	40 km/h	50 m	+ 1,62 %	5 006,15	0	5 006,15
	0 + 380				5 006,24	0,012	5 006,25
PI	0 + 400			X	5 006,56	0,31	5 006,87
	0 + 420			X	5 007,87	0,012	5 007,88
PTV	0 + 425			+ 6,56 %	5 008,20	0	5 008,20

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras se refiere a cualquier modificación física que se hace sobre una superficie de terreno, para cambiar su forma y adecuarla al diseño requerido de la carretera.

Incluye ciertas actividades como corte y relleno en la superficie, así como el transporte de los materiales resultante. Por tanto, depende directamente del diseño de la subrasante de la carretera, e influye, en el costo de la misma.

En este caso la subrasante se creó a partir del diseño geométrico final, por lo que los cortes y rellenos necesarios serán aquellos que permitan llegar el terreno natural al diseño de la subrasante o viceversa.

2.2.7.1. Seccionamiento transversal

El seccionamiento transversal incluye establecer la sección típica de una carretera en un punto cualquiera a lo largo de esta, que no es más que realizar un corte transversal sobre el eje longitudinal. En ella se define la configuración de los elementos que forman la estructura de la carretera con sus dimensiones y permite visualizar la relación con el terreno natural.

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como hombros, cunetas, bermas, y taludes.

Las consideraciones de la sección típica para este proyecto son: las secciones transversales se dibujan sobre el alineamiento horizontal a cada 20 m, el ancho de calzada es de 5,50 m, no se incluyen hombros por limitaciones en el derecho de vía; el diseño de las cunetas se muestra en el apartado de diseño de drenajes; los taludes delimitan las áreas de corte y relleno, aunque para este caso, como se desarrolla el proyecto para el ancho de vía actual por cuestiones económicas y de derecho de vía, las alturas de los taludes serán pequeñas o bien inexistentes.

Para este proyecto se utiliza las opciones del software AutoCAD Civil 3D para realizar el diseño.


2.2.7.2. Cálculo de áreas de las secciones transversales

Dada una sección transversal de una carretera se puede determinar el área del corte transversal en el sólido de excavación o de relleno que se necesita para darle forma a la superficie. En la figura 75, se presentan asuradas las áreas de las secciones transversales.

Para determinar el área de una sección transversal se puede aplicar el método gráfico, que consiste en medir las áreas por medio de un planímetro graduado, teniendo presente que el dibujo debe estar en papel milimetrado.

Otro método aplicable es el de matrices o determinante. La información requerida para este método es conocer las coordenadas totales de los puntos que delimitan el área de corte o relleno analizada. A continuación, se presenta un ejemplo para aplicar este método.

- Ejemplo. Cálculo de una sección transversal por el método de matrices.

Coordenada X		Coordenada Y
X0		Y0
X1		Y1
X2		Y2
X3		Y3
X0		Y0

El área está dada por:

$$A = \sum \left[\frac{\sum(X_i \times Y_{i+1}) - \sum(Y_i \times X_{i+1})}{2} \right]$$

2.2.7.3. Cálculo de volúmenes de tierra

Cuando existen dos áreas de corte o de relleno de secciones transversales consecutivas, forman un sólido que puede ser definido por superficies planas. Dicho sólido recibe el nombre de volumen de tierra.

Para su cálculo, se aplica el método del promedio de áreas y se basa en las siguientes suposiciones: 1) las tangentes y las curvas de la carretera están formadas por segmentos de líneas rectas; 2) las aristas repetidas en dos secciones transversales consecutivas se pueden unir con líneas rectas.

Para obtener entonces el volumen de un sólido de corte o relleno, se calcula el producto del promedio de las áreas extremas y la distancia entre ellas. Es decir:

$$V = \frac{1}{2} \times (A_1 + A_2) \times L$$

En donde A_1 y A_2 son las áreas de las secciones transversales extremas en cuestión. Y “L” es la distancia entre las secciones, cuyo valor es de 20 metros.

Cuando en la sección transversal existan áreas de corte y relleno, deberán calcularse las distancias de paso d , que es la longitud en la cual el área de la sección cambia de corte a relleno o viceversa.

Cuando las distancias de paso se encuentran dentro de un área de relleno, se denomina d_R y cuando es corte d_C . Se calculan efectuando una relación de triángulos con la distancia entre estaciones (L) y el área de corte (C) o relleno (R), ver figura 75.

Las expresiones matemáticas vienen dadas por:

$$\frac{C + R}{L} = \frac{R}{d_R}$$

$$\frac{C + R}{L} = \frac{C}{d_C}$$

o bien,

$$d_R = \frac{R \times L}{C + R}$$

$$d_C = \frac{C \times L}{C + R}$$

Teniendo el valor de la distancia de paso, el volumen de corte V_C y de relleno V_R , se calculan respectivamente, como:

$$V_C = \frac{C}{2} \times d_C$$

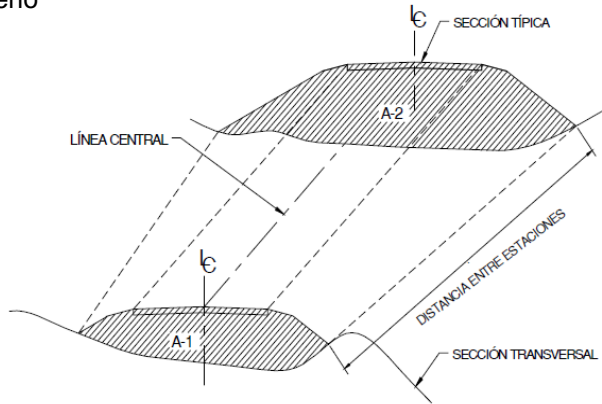
o bien,

$$V_R = \frac{R}{2} \times d_R$$

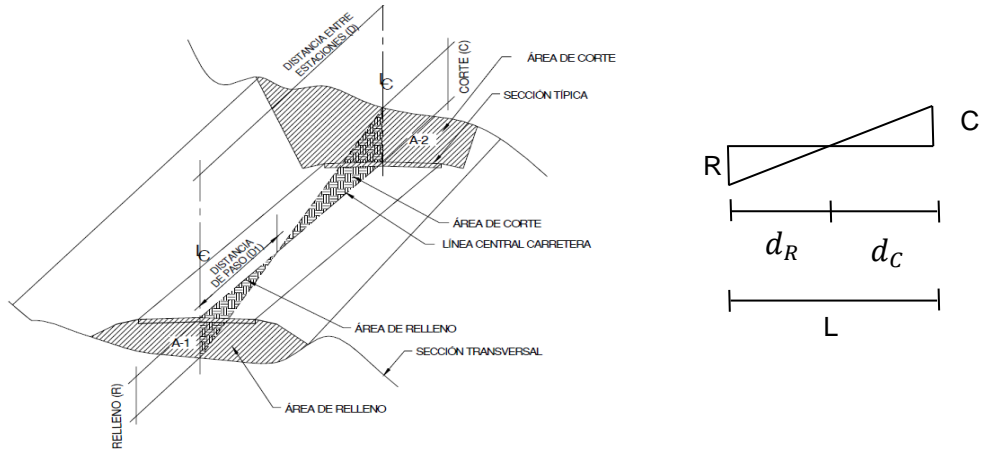
En la figura siguiente se ejemplifican los volúmenes de tierra.

Figura 75. Volúmenes de tierra

a) Relleno



b) Sólidos de corte y de relleno con distancia de paso



Fuente: HERNÁNDEZ, Nery. *Diseño del tramo carretero comprendido de la comunidad Volcancito, hacia la comunidad Sam Greene, Tucurú, Alta Verapaz.* p. 34.

2.2.7.4. Curva de balance

La curva de balance se genera a partir de la línea de masa, que se obtiene al relacionar el volumen acumulado (ordenadas) versus la estación (abscisa) analizada, dentro de un movimiento de tierras.

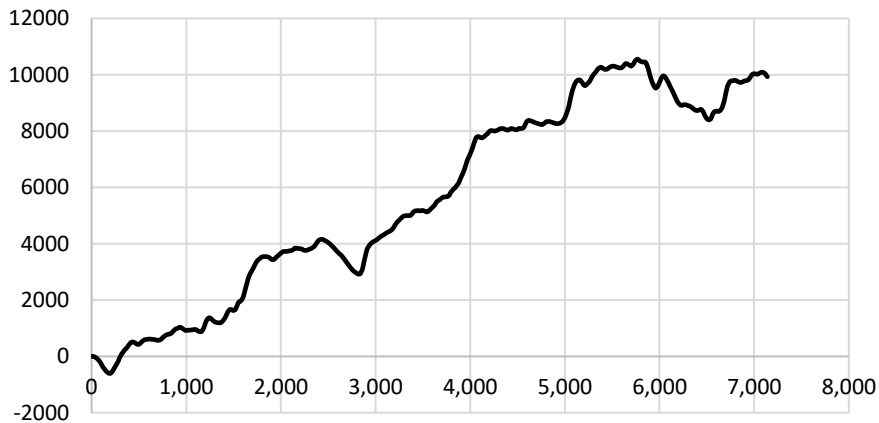
Se utiliza como una ayuda visual para determinar las estaciones en las cuales impera un volumen de corte o de relleno, para así tener la capacidad de saber en qué estaciones habrá desperdicio de material y en cuáles se necesitará un banco de préstamo. Las pendientes ascendentes representan un aumento en el volumen de corte y pendientes descendentes representan un aumento en el volumen de relleno.

Para este proyecto se buscó que el trazo del diseño geométrico coincidiera con el terreno natural, sin embargo, se obtuvo mayor volumen de desperdicio (corte).

El volumen de corte acumulado es de 16 941,56 m³ y el volumen de relleno acumulado es de 7 014,81 m³. Al realizar la resta de ambos valores, se obtiene el valor de la excavación de desperdicio 9 926,75 m³.

Este último valor representa el material resultante después de haberse completado todos los rellenos necesarios, es decir, es el material que ha quedado proveniente del corte. En la figura siguiente se muestra la línea de masa para este proyecto, cuyos datos tabulados se presentan en el apartado de apéndice.

Figura 76. **Línea de curva de masa**



Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Estudio de suelos

Un estudio de suelos determina, por medio de ensayos, algunas propiedades mecánicas y químicas de los materiales constituyentes de una superficie; proporcionando así, la información necesaria para predecir cómo reaccionarán dichos materiales bajo las condiciones de trabajo a las que serán sometidos.

2.2.8.1. Inspección de suelos y muestreo

La capa de rodadura actual en el tramo a diseñar está conformada por un material que la municipalidad ha utilizado en varios proyectos de la comunidad, con resultados satisfactorios. Teniendo esa referencia se decidió extraer dos sacos como muestra para la realización de los ensayos respectivos.

La muestra del material se extrajo con la humedad original y luego se procedió a llevarla al CII, ubicado en la Universidad de San Carlos.

Los ensayos aplicados al material son: a) Análisis granulométrico, b) ensayo límites de Atterberg, c) ensayo de compactación proctor modificado y d) ensayo de razón soporte california (CBR).

El análisis granulométrico permite medir los tamaños de las partículas de suelo que conforman el material utilizando tamices de distintas medidas y a partir de ello, hacer una clasificación basada en la graduación y porcentaje de presencia de dichas partículas. En nuestro medio, se utilizan dos sistemas de clasificación de los suelos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.C.U.) y el Sistema de Clasificación de la AASHTO.

El ensayo de límites de Atterberg determina el comportamiento de los suelos finos cuando interactúan bajo la presencia del agua. De tal manera que solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al agregársele agua gradualmente va pasando a los estados semisólido, plástico y, finalmente, líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

Es importante determinar el límite líquido y plástico del suelo para conocer su grado de deformación y la capacidad de soporte que tendrá.

Por su parte, el ensayo de compactación Proctor permite conocer los parámetros para medir la compactación del suelo, que son la humedad óptima y la densidad máxima. El objetivo principal del ensayo es conseguir la mayor estabilidad mecánica posible para que los esfuerzos a tensión se transmitan uniforme y progresivamente, y así evitar que se produzcan asentamientos excesivos o incluso el colapso del suelo. Este ensayo se divide en Proctor

Estándar y Proctor Modificado. La diferencia radica en la energía que se emplea para compactar. El modificado es cinco veces mayor que el estándar.

El ensayo de CBR se utiliza para clasificar el uso de un suelo con base en su capacidad de soporte; así pues, según dicho valor, el suelo puede ser utilizado como subbase o base en la configuración de un pavimento. Mide la resistencia al corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El valor resultado se conoce como índice CBR. Este se interpreta como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre, a una profundidad determinada, una muestra compactada de suelo con un contenido de humedad y densidad dadas, con respecto a la fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, una probeta con una muestra estándar de material triturado.

2.2.8.2. Análisis de resultados de laboratorio

Del ensayo de granulometría se obtuvo los resultados de la tabla LX. Y apoyados por la tabla LXII, el material, clasificado por el sistema AASHTO corresponde a un A-1-a, que tiene una calificación de excelente a bueno.

Tabla LX. **Resultados del ensayo de granulometría**

Clasificación del suelo	AASHTO	S.C.U.
	A-1-a	GP-GM
Descripción del suelo	Grava con arena limosa color café grisáceo	
Porcentaje de grava	64,90 %	
Porcentaje de arena	26,55 %	
Porcentaje de finos	8,54 %	

Fuente: elaboración propia, con información de prueba de laboratorio del anexo 5.

Con el ensayo de Límites de Atterberg se obtuvo que el suelo es no plástico (NP), por lo que no presenta límite líquido (LL), ni límite plástico (LP); es decir, que el suelo no produce deformaciones grandes al estar en contacto con el agua y no pierde su capacidad de soporte.

Tabla LXI. **Datos de laboratorio ensayo de Límites de Atterberg**

Descripción del suelo	Grava con arena limosa color café grisáceo
L.L.	N.P.
L.P.	N.P.
Clasificación	ML

Fuente: elaboración propia, con información de prueba de laboratorio del anexo 6.

Tabla LXII. **Sistema de clasificación del suelo AASHTO**

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)						Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3 ^A	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6					A-2-7
Tamizado, % que pasa										
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.
Consistencia										
Límite líquido	...	...	...	B			40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	N.P.	N.P.	B			10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno						Regular a malo			

Fuente: FUENTES, Marvin. *Diseño de carretera y pavimento del tramo vial comprendido entre el caserío Rustrían y la bifurcación con la carretera departamental No. 1, municipio de Villa Canales*. p. 26.

Es congruente este resultado debido a que este ensayo es aplicado principalmente a materiales arcillosos y suelos finos. El material ensayado no es arcilla y posee baja presencia de finos.

Por otro lado, del ensayo de Compactación Proctor Modificado se obtuvo el valor de densidad seca máxima, que mide la calidad de lubricación entre las partículas del material cuando se le agrega cierto porcentaje de agua. En la tabla siguiente se muestran los resultados para este ensayo.

Tabla LXIII. Resultado ensayo Proctor modificado

Descripción del suelo	Grava con arena limosa color café grisáceo
Densidad seca máxima	130,35 lb/ft ³
Humedad óptima (Hop)	9,30 %

Fuente: elaboración propia, con información de prueba de laboratorio del anexo 7.

Con los valores de densidad seca máxima y humedad óptima, se procedió a realizar el ensayo de Razón Soporte California CBR. De dicho ensayo se obtuvo que a un 97 % de compactación el índice de CBR es de 46,11 %. ver tabla LXIV.

Tabla LXIV. Resultados del ensayo CBR

Probeta	Golpes	A la compactación		C	Expansión	CBR
No.	No.	H (%)	γ_d (lb/ft ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	9,30	119,67	92	0,00	32,31
2	30	9,30	126,39	97	-0,02	46,11
3	65	9,30	132,04	101	0,00	109,21

Fuente: elaboración propia, con información de prueba de laboratorio del anexo 8.

En la siguiente tabla se muestra el uso que se le puede dar al material según su índice CBR.

Tabla LXV. **Clasificación de los suelos según el índice CBR**

No. CBR	Clasificación general	Usos	Sistema de clasificación	
			S.C.U.	AASHTO
0 – 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 – 20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50	Bueno	Base, sub-base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A-3, A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: FUENTES, Marvin. *Diseño de carretera y pavimento del tramo vial comprendido entre el caserío Rustrían y la bifurcación con la carretera departamental No. 1, municipio de Villa Canales*. p. 35.

Con las propiedades físico-mecánicas del material obtenidas en los ensayos realizados y basado en la tabla LXV, se concluye que el suelo con composición de grava con arena limosa es excelente al compactarlo, estable en condiciones secas y húmedas, no presenta fallas drásticas ni cambios exagerados de volumen; por lo tanto, es ideal para la capa sub-base y base.

2.2.9. Diseño de carpeta de rodadura

Corresponde en este apartado el diseño de la carpeta de rodadura.

2.2.9.1. Criterios de pavimentos

Los pavimentos están conformados por un conjunto de capas superpuestas de materiales apropiados y adecuadamente compactados. El conjunto de capas se apoya sobre la subrasante obtenida por el movimiento de tierras y deben resistir de forma adecuada los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito transmitirán.

En nuestro medio los pavimentos se clasifican en pavimentos flexibles, rígidos y articulados.

Los pavimentos flexibles son aquellos que están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

Por su parte, los pavimentos rígidos son aquellos que están constituidos por losas de concreto hidráulico, apoyadas sobre la subrasante o sobre una capa base. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante.

Finalmente, los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme y se colocan sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante.

Para este proyecto el diseño contempla un pavimento flexible para la carretera, el cual estará apoyado sobre la capa base, que a su vez se apoya sobre la subbase y finalmente, la subrasante.

Para el diseño de la estructura de pavimento se utilizará el método de AASHTO 1993 para diseño de pavimentos flexibles, que es el más utilizado en Centroamérica⁶⁴. En los siguientes incisos se describe las cargas que se consideran en este método y el modo de realizar los cálculos.

2.2.9.2. Análisis de cargas

En el método AASHTO el volumen de tráfico (TPD) requiere ser expresado en términos de ejes equivalentes acumulados para un periodo de diseño. Un eje equivalente (EE) es la transformación del volumen de tráfico en un número equivalente de ejes que producirá el mismo daño que lo haría la composición de tránsito mixto de los vehículos. Se entiende este último concepto como la integración de vehículos de diferente peso y número de ejes.

La carga del eje equivalente en el carril de diseño (W_{18}) es uniforme, causa efecto de deterioro sobre el pavimento y corresponde a un valor de 8,2 T, 80 kN o 18 Kips⁶⁵.

Las variables por considerar para este método son:

- Variables en función del tiempo: dentro de estas se incluye el período de diseño y la vida útil del pavimento. “El período de diseño es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del

⁶⁴ CORONADO, Jorge. *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 4.

⁶⁵ ITURBE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 190.

tránsito”⁶⁶, es decir, el tiempo que dura la estructura antes de que requiera rehabilitación. “La vida útil es aquel tiempo que transcurre entre la construcción y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad”⁶⁷. En la tabla siguiente se muestran períodos recomendados por la SIECA. Por el tipo de carretera se considera 20 años el período de diseño.

Tabla LXVI. **Períodos de diseño**

Tipo de carretera	Período de diseño
Autopista regional	20 – 40 años
Troncales suburbanas	15 – 30 años
Troncales rurales	
Colectoras suburbanas	10 – 20 años
Colectoras rurales	

Fuente: ITURBE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 142.

- Variables en función del tránsito: esta variable está en función del número de repeticiones de ejes equivalente de 18 kips en el carril de diseño. Para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (W_{18}) se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo.

$$EE_{dia-carril} = EE \times \text{factor direccional} \times \text{factor carril}$$

Donde:

$$EE = \text{No. de vehículos según tipo} \times \text{factor vehículo}$$

El resultado final será la sumatoria de los tipos de vehículos considerados:

⁶⁶ ITURBE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 141.

⁶⁷ *Ibíd.*

$$W_{18} = \Sigma[EE_{dia-carril} \times 365 \times ((1 + t)^n - 1)]/t$$

- W₁₈:** Carga de repeticiones de ejes equivalentes.
EE_{dia-carril}: Ejes equivalentes por día para el carril de diseño.
365: Números de días del año.
t: Tasa de proyección del tráfico. Correspondiente a 5 % para este proyecto.
n: Período de diseño. Se considera de 20 años para este proyecto.
EE: Ejes equivalentes.
Fd: Factor direccional del total de flujo vehicular censado, 0,5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección.
Fc: Factor carril, 1, corresponde a un camino de dos carriles, cada uno con dirección contraria.

En cuanto el factor vehículo, se requiere un factor para cada clase particular de vehículo, principalmente para camiones pesados, que son los que provocan mayor deterioro en el pavimento. En la tabla LXVII se muestran los factores para algunos tipos de vehículos.

Tabla LXVII. **Factor de vehículo**

Clase de vehículo	Factor vehículo
Bus (de 2 o 3 ejes)	1,850
Camión ligero (2 ejes)	1,150
Camión mediano (2 ejes)	2,750
Camión pesado (3 ejes)	2,000
Camión articulado (> 3 ejes)	4,350
Auto o vehículo ligero	0,0001

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. p. 152.

- Ejemplo: determinación del número de repeticiones de ejes equivalentes.

Tipo de vehículo	A TPD	B Factor vehículo	C EE	D Factor ponderado FdxFc	E EE _{dia-carril}
Auto	60	0,0001	0,006	0,50	0,003
Camión ligero	10	1,150	11,50	0,50	5,75
Camión mediano	25	2,75	68,75	0,50	34,38
Camión pesado	15	2,000	30,00	0,50	15,00
Bus	20	1,850	37,00	0,50	18,50
Σ =					73,63

Fuente: elaboración propia.

El W_{18} para un período de diseño de 20 años y una tasa de 5 %, es:

$$W_{18} = \Sigma [EE_{dia-carril} \times 365 \times ((1 + t)^n - 1)] / t$$

$$W_{18} = \Sigma [73,63 \times 365 \times ((1 + 0,05)^{20} - 1)] / 0,05$$

$$W_{18} = 888\ 645,86$$

En la columna A se coloca la cantidad diaria de cada tipo de vehículo determinado por el conteo correspondiente. En la columna B se muestra el factor vehículo para cada tipo de vehículo, según valores de la tabla LXVII. En la columna C se coloca el producto de las columnas A y B. La columna D muestra la multiplicación de los factores direccional y factor carril, igual a 0,5.

Los valores de la columna E corresponden al producto de la columna C por el factor ponderado. Finalmente, se aplica la ecuación para determinar el número de repeticiones de ejes equivalentes.

Existe una clasificación de rangos basada en el número de repeticiones de ejes equivalentes. Para un valor de $W_{18} = 888\,645,86$ EE corresponde una clasificación T3, según la tabla LXVIII.

Tabla LXVIII. **Números de repeticiones de ejes equivalentes**

Clasificación	W_{18} . EE
T0	Menos de 50 000
T1	50 000 – 150 000
T2	150 000 – 500 000
T3	500 000 – 2 000 000
T4	2 000 000 – 7 000 000
T5	Más de 7 000 000

Fuente: ITURBE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 147.

2.2.9.3. **Diseño de carpeta de rodadura**

Existen algunas otras variables a considerar dentro del método de AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles, las cuales son tratados a continuación.

- **Confiabilidad (R):** este valor se refiere al grado de seguridad o certidumbre de que el diseño de la estructura de un pavimento se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones establecidas durante su período de diseño. La tabla LXIX presenta niveles de confiabilidad recomendables, para diferentes tipos de carreteras. Para este proyecto se considera un nivel de confiabilidad del 70 %, carretera local rural.

Tabla LXIX. **Niveles de confiabilidad para diferentes carreteras**

Clasificación	Nivel de confiabilidad recomendado (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras de tránsitos	80 – 95	75 – 95
Carreteras locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: MONTEJO, Alfonso. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 264.

- Desviación estándar (S_0): se define como la variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico. Según la AASHTO el valor para un pavimento flexible varía entre 0,40 – 0,50. Varias bibliografías recomiendan usar una desviación estándar $S_0 = 0,45$.
- Desviación estándar normal (Z_R): es el valor que representa a la confiabilidad en la ecuación de diseño del método. En la tabla siguiente se muestran los valores de Z_R en función de la confiabilidad. Para este proyecto corresponde un valor de -0,524.

Tabla LXX. **Valores de desviación estándar normal Z_R**

Confiabilidad R %	Desviación estándar normal Z_R	Confiabilidad R %	Desviación estándar normal Z_R
50	-0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645

Continuación tabla LXX.

75	-0,674	96	-1,881
80	-0,841	97	-2,054
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Fuente: ITURBE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 194.

- **Serviciabilidad:** la serviciabilidad de una estructura de pavimento es la capacidad que tiene esta de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñada. Se mide a través de la pérdida de serviciabilidad ΔPSI . Para el diseño de pavimentos se asumen la serviciabilidad inicial P_o y la serviciabilidad final P_f . De la tabla LXXI se tiene para este caso, $P_o = 4,2$ y $P_f = 2,0$.

Tabla LXXI. **Valores de serviciabilidad inicial y final**

Serviciabilidad inicial (P_o)	4,5	Pavimentos rígidos
	4,2	Pavimentos flexibles
Serviciabilidad final (P_f)	2,5 – 3,0	Autopistas con mucho tráfico
	2,0 – 2,5	Carreteras con tráfico normal
	1,8 – 2,0	Vías locales, ramales, agrícolas

Fuente: MONTEJO, Alfonso. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 265.

Una vez establecido P_o y P_f , se define la pérdida de serviciabilidad (ΔPSI):

$$\Delta PSI = P_o - P_f$$

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,0$$

$$\Delta PSI = 2,2$$

- Módulo de resiliencia: la base del método AASHTO 1993 para la caracterización de los materiales, tanto de la subrasante como los que conforman las diferentes capas de la estructura del pavimento, se conoce como módulo de resiliencia M_r . Este parámetro da un valor de rigidez del suelo y brinda valores de deformaciones elásticas de recuperación instantánea.

Tras investigaciones, la guía AASHTO sugiere las siguientes ecuaciones en función del índice CBR, la primera se considera aplicable para suelos finos y la segunda para suelos granulares:

$$M_r = 1\,500\, CBR$$

$$M_r = 4\,326 \times \ln(CBR) + 241$$

De los resultados de laboratorio antes visto, el suelo analizado es granular y posee un CBR de 46,11 %. Por ello el módulo de resiliencia de la subrasante es:

$$M_r = 4\,326 \times \ln(CBR) + 241$$

$$M_r = 4\,326 \times \ln(46,11) + 241$$

$$M_r = 16\,814,03\, psi$$

- Drenaje: la humedad en la estructura del pavimento repercute en gran medida sobre las propiedades de los materiales y, con ello, en su comportamiento.

Un buen drenaje mantiene la capacidad soporte en las capas del pavimento, lo que hace un camino de mejor calidad, de ahí la importancia de ser considerado. El método AASHTO 1993 proporciona un sistema para ajustar los coeficientes estructurales en forma tal que tomen en consideración de los niveles de drenaje sobre el comportamiento del futuro pavimento.

En la tabla siguiente se dan los tiempos de drenaje que recomienda AASHTO.

Tabla LXXII. **Tiempos de drenaje del material de base y/o sub base**

Calidad del drenaje	Término para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente: MONTEJO, Alfonso. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 271.

El efecto de la calidad del drenaje sobre la estructura del pavimento se logra empleando coeficientes de capas modificadas, es decir, que se podría usar un coeficiente de capa efectivo más alto para mejorar las condiciones de drenaje.

El factor de modificación del coeficiente de capa se llama factor de ajuste m_i y se integra dentro de la ecuación del número estructural a partir del coeficiente de capa a_i y el espesor de la capa d_i . Los valores de los factores de ajuste para capas bases y subbases granulares se muestran seguidamente.

Tabla LXXIII. **Valores recomendados del factor de ajuste m**

Calidad drenaje de la base o sub base	% de tiempo durante el cual la estructura del pavimento está sometido a condiciones de húmedas cercanas a la saturación			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Pobre	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy pobre	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: MONTEJO, Alfonso. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. p. 274.

Para el diseño de la carpeta de rodadura se considera como buena la calidad de drenaje de la base y subbase, tomando en cuenta que el término de remoción del agua es de 1 día. En cuanto al porcentaje de tiempo de saturación, se considerará > 25 % (zona lluviosa), por lo que el factor de ajuste es, $m = 1,00$.

- Número estructural (SN): es un valor abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento para una combinación dada de soporte de suelo (M_r), del tránsito estimado total durante el período de diseño (W_{18}) y serviciabilidad.

Cada capa que conforme la estructura del pavimento posee su propio módulo de resiliencia y a cada una se le asigna un coeficiente de capa que permite convertir los espesores de la capa a números estructurales. El coeficiente es una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar finalmente como un todo.

Se proporciona a continuación diferentes números estructurales que se han determinado, a través de diversas investigaciones, para la clasificación de tráfico en términos de EE y de subrasante.

Tabla LXXIV. **Catálogo de número estructurales**

Tipo de subrasante Clasificación de tráfico	Muy pobre CBR ≤ 3%	Pobre 3 % < CBR ≤ 5%	Regular 5 % < CBR ≤ 10%	Buena 10 % < CBR ≤ 20 %	Muy buena CBR ≥ 20%
T1	2,89	2,51	1,95	1,83	1,68
T2	3,33	2,90	2,28	2,14	1,98
T3	3,75	3,28	2,59	2,45	2,26
T4	4,12	3,62	2,87	2,72	2,52

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. p. 159.

Anteriormente se había determinado que la clasificación del tráfico es T3, puesto que el CBR es 46,11 %, se considera muy buena. Al relacionar los datos, se obtiene un valor de SN = 2,26. Este número estructural será comprobado por medio de la ecuación que presenta el método AASHTO.

Teniendo en cuenta ya todas las variables que el método AASHTO 1993 involucra, se presenta la ecuación a utilizar para el diseño de pavimentos flexibles:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1\,094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log Mr - 8,07$$

Donde:

- W_{18} : Número de cargas de ejes equivalentes en el período de diseño. $W_{18} = 888\ 646,86 = 0,888 \times 10^6$.
- Z_R : Desviación estándar normal, asociado a la confiabilidad. $Z_R = -0,524$.
- S_0 : Desviación estándar. $S_0 = 0,45$.
- ΔPSI : Pérdida de serviciabilidad. $\Delta PSI = 2,2$.
- M_r : Módulo de resiliencia de la subrasante. $M_r = 16\ 814,03\ psi$.
- SN : Número estructural del pavimento para soportar las cargas bajo las condiciones de diseño. Valor por determinar.

La ecuación AASHTO 1993 solo puede solucionarse a través de iteraciones sucesivas, ya sea manualmente, u hoy en día por medio de programas de computadora. La Asociación de Pavimentos de Concreto (ACPA por sus siglas en inglés) ofrece un programa denominado Pavement Analysis System, WinPAS, el cual resuelve dicha ecuación de una manera sencilla. Se puede descargar una versión de prueba desde portal de internet de la asociación.

Al sustituir los valores de las variables antes vistas en la ecuación del método AASHTO 93, utilizando el programa de la ACPA se obtiene el valor del número estructural.

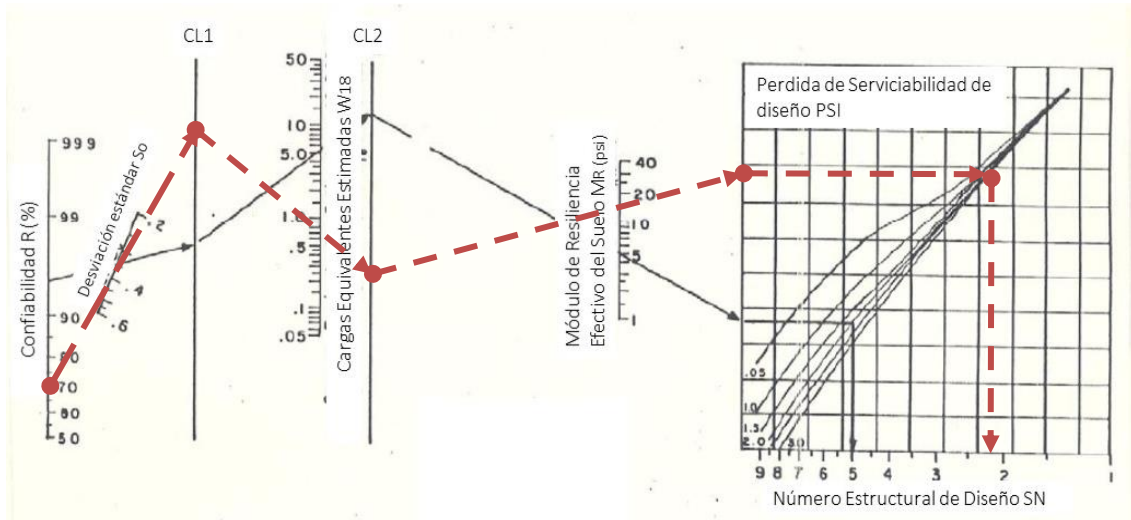
$$888\ 646,86 = (-0,524 \times 0,45) + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{2,2}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1\ 094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log(16\ 814,03) - 8,07$$
$$SN = 2,16$$

Gráficamente, el SN se puede determinar por medio del nomograma que el método AASHTO recomienda. El procedimiento de lectura es:

- Trazar una línea recta que inicie con el valor de la confiabilidad escogido (70 % para este diseño), que conecte con el valor de la desviación estándar S_0 (0,45) y finalice en la línea vertical CL1.
- Continuar el trazo de la línea recta desde el punto CL1, interceptándola con el valor respectivo de cargas equivalentes estimadas W_{18} en millones ($0,88 \times 10^6$) y finalizando el trazo con la línea vertical CL2.
- Del último punto, trazar una nueva línea que coincida con el módulo de resiliencia de la subrasante M_r en kips (16,81 kips) hasta llegar a las ordenadas de la gráfica.
- En el punto sobre el eje de las ordenadas, trazar una línea horizontal que intercepte la línea cuyo valor corresponda a la pérdida de serviciabilidad ΔPSI (2,2, en este caso) y finalmente tomar la lectura de ese punto sobre el eje de las abscisas, para determinar el número estructural del pavimento.

En la figura 77 se muestra el nomograma para determinar el SN, indicando con línea punteada el procedimiento de lectura según los valores correspondiente a este diseño.

Figura 77. **Nomograma de diseño para pavimento flexible**



Fuente: elaboración propia, sobre esquema de nomograma Montejó, A.

Al cotejar ambos procedimientos para determinar el SN, se ve que ambos coinciden, por lo que se considera el número estructural como,

$$SN = 2,16$$

Ahora bien, con el valor del SN es necesario determinar los espesores de las capas que conforman el pavimento. Como se mencionó en la definición de la variable de drenaje, el método AASHTO proporciona coeficientes estructurales de ajustes que permiten convertir el espesor de la capa en un número estructural.

La fórmula general que relaciona el número estructural SN con los espesores de capa es la siguiente:

$$SN = a_1d_1 + a_2m_2d_2 + a_3m_3d_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 :	Coefficiente estructural de capa, de la superficie de rodadura, base y subbase respectivamente.
d_1, d_2, d_3 :	Espesor de la capa, en pulgadas, para la superficie de rodadura, base y subbase.
m_2, m_3 :	Coefficiente de drenaje para base y subbase.

El uso de la subbase en este método requiere emplear el coeficiente de capa para convertir su espesor en número estructural.

El método no presenta requisitos específicos respecto de la calidad de los materiales de subbase y resulta aceptable cualquier material convencional. En relación con la base, esta podrá ser granular o estabilizada y los requisitos de calidad deben ser superiores a los de la subbase.

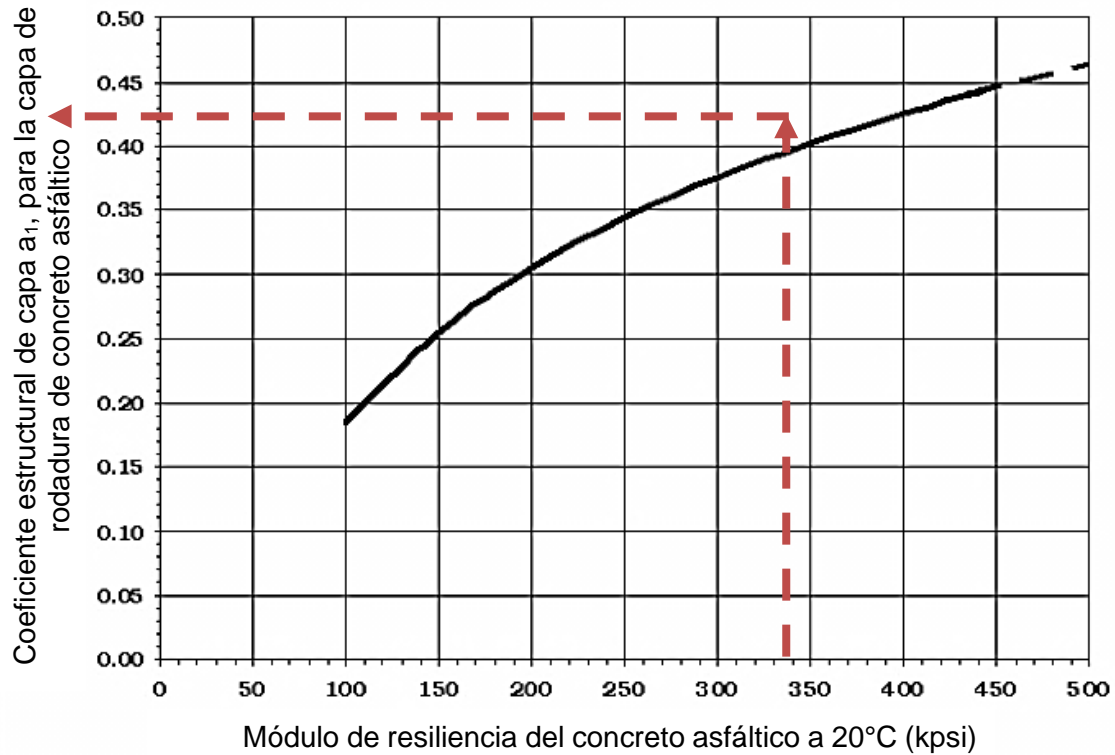
Las figuras siguientes proporcionan un gráfico que pueden emplearse para estimar los coeficientes de capa a_1 , a_2 y a_3 , en función del módulo de resiliencia del material que conforma la capa analizada o bien el valor del CBR.

La figura 78 corresponde a la capa asfáltica con base en su módulo de resiliencia a 20 °C. La figura 79 y 80, proporcionan el gráfico para determinar los coeficientes de capa de la base granular y subbase granular, respectivamente.

Si asumimos que el módulo de resiliencia del concreto asfáltico es de 400 kpsi, al realizar la lectura en el eje de las ordenadas, se obtiene un coeficiente de capa igual a:

$$a_1 = 0,42$$

Figura 78. **Coefficiente estructural a_1 , para capa asfáltica**

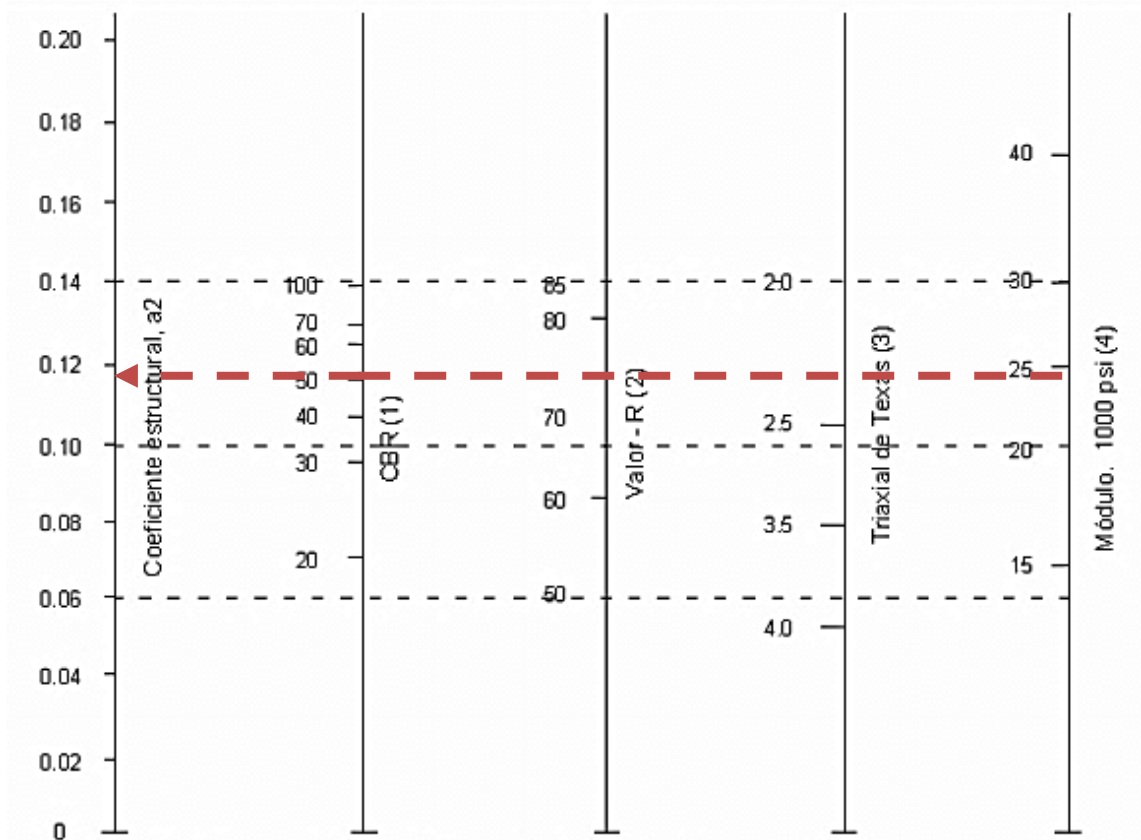


Fuente: elaboración propia, sobre diagrama del coeficiente a_1 de Iturbe, J.

En la sección 304.03 inciso (a), de las Especificaciones Generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala, se indica que el valor soporte mínimo para la capa base debe ser CBR 70 % y para la capa subbase el valor mínimo es CBR 40 %, para muestras saturadas a 95 % de compactación. En nuestro caso utilizaremos 50 % para estar sobre este valor.

Bajo la variable del CBR, se procede a determinar los valores de los coeficientes de capa a_2 y a_3 .

Figura 79. Coeficiente estructural a_2 , para capa base granular



Fuente: elaboración propia, sobre diagrama del coeficiente a_2 de Iturbe, J.

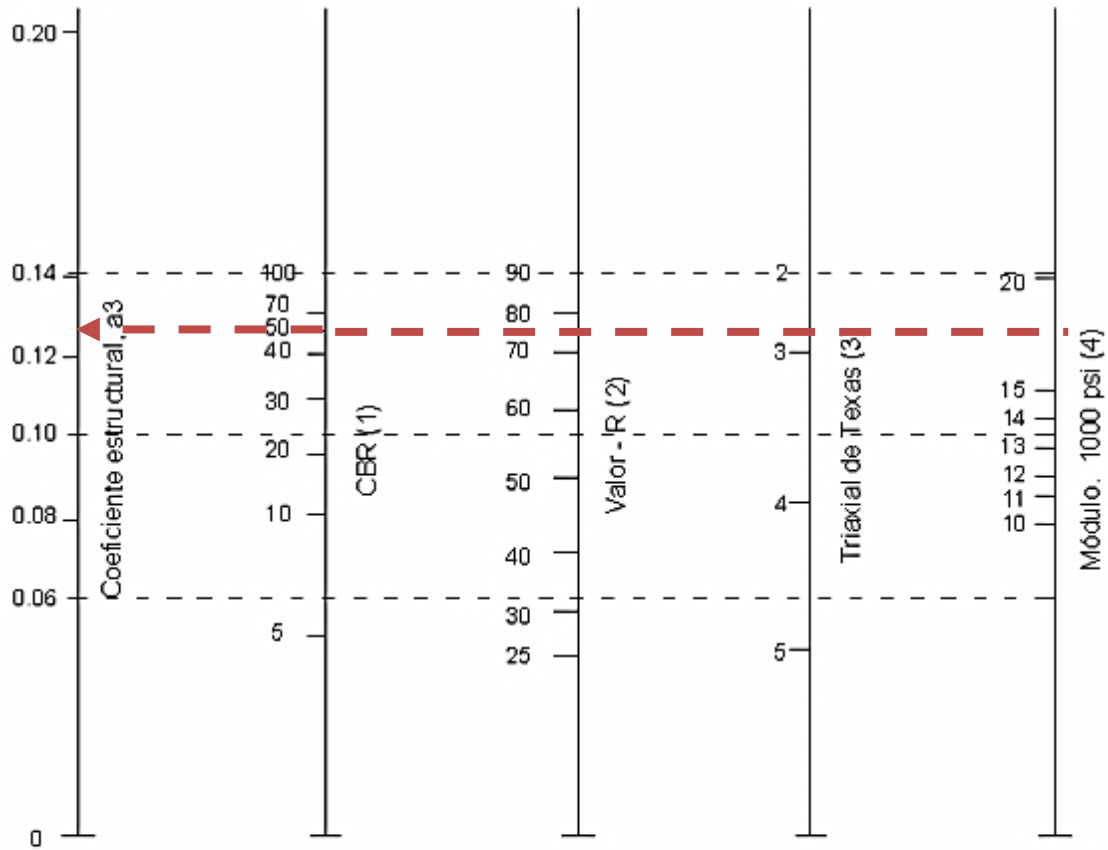
Puesto que el valor mínimo de CBR para la capa base debe ser 70 %, de la figura 79, se tiene que el valor del coeficiente de capa a_2 y M_r es,

$$a_2 = 0,13 \quad y \quad M_r = 27\,000,00 \text{ psi}$$

El valor del coeficiente de capa a_3 y M_r , para un CBR de 50 %, según la figura 80 es,

$$a_3 = 0,124 \quad y \quad M_r = 17\,000,00 \text{ psi}$$

Figura 80. **Coefficiente estructural a_3 , para capa subbase granular**



Fuente: elaboración propia, sobre diagrama del coeficiente a_3 de Iturbe, J.

El objetivo de determinar los espesores de las capas de la estructura del pavimento en función del número estructural se basa en que las capas deben estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes.

Utilizando el nomograma de la figura 77 se pueden encontrar los números estructurales requeridos para proteger cada capa, reemplazando el módulo de resiliencia de la capa superior por el módulo de resiliencia de la capa que está inmediatamente abajo.

Así, para determinar el espesor d_1 de la capa asfáltica se supone un M_r igual al de la base y así se obtiene el SN_1 , que debe ser absorbido por dicha capa. En la tabla siguiente se muestran los valores de los números estructurales para cada capa. Para obtener los valores de M_r para la capa base y subbase, se aplicó la ecuación 2 (presentada anteriormente en la definición del módulo de resiliencia en función del CBR), y el procedimiento del nomograma de la figura 77. El factor de ajuste m se explicó en la definición de drenaje.

Tabla LXXV. **Resumen de datos de los materiales para el diseño**

No.	Material	CBR	M_r (psi)	M_r (psi) supuesto	a_i	m_i	SN_i
1	Carpeta asfáltica	--	400 000,00	27 000.00	0,42	--	1,80
2	Base granular	70	27 000,00	17 000.00	0,13	1	2,15
3	Sub-base granular	50	17 000,00	16 814.03	0,124	1	2,16
--	Subrasante	46,11	16 814,03	--	--	--	--

Fuente: elaboración propia.

Con los valores de los números estructurales de la tabla LXXIV, se procede a calcular el espesor d_1 ,

$$d_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$d_1 = \frac{1,80}{0,42} \approx 4,5 \text{ "}$$

El nuevo valor SN_1^* absorbido por la capa de rodadura es:

$$SN_1^* = a_1 \times d_1 \geq SN_1$$
$$SN_1^* = 0,42 \times 4,5 = 1,89$$

El asterisco “*” en SN indica el valor actual usado, que debe ser igual ó mayor al valor requerido.

El espesor de la base granular viene dado por:

$$d_2 \geq \frac{(SN_2 - SN_1^*)}{(a_2 \times m_2)}$$
$$d_2 = \frac{(2,15 - 1,89)}{(0,13 \times 1)} \approx 2 \text{ "}$$

El valor de SN_2^* absorbido por el concreto asfáltico y la base, es:

$$SN_2^* = a_2 \times m_2 \times d_2$$
$$SN_2^* = 0,13 \times 1 \times 2 = 0,26$$

Por último, se calcula el espesor para la capa subbase:

$$d_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{(a_3 \times m_3)}$$
$$d_3 = \frac{2,16 - (1,89 + 0,26)}{(0,124 \times 1)} \approx 1 \text{ "}$$

El número estructural absorbido por la subbase es, SN_3 :

$$SN_3^* = a_3 \times m_3 \times d_3$$

$$SN_3^* = 0,124 \times 1 \times 1 = 0,124$$

Como verificación tenemos que,

$$\begin{aligned} SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* &\geq SN \\ 1,89 + 0,26 + 0,124 &\geq 2,16 \\ 2,27 &\geq 2,16 \end{aligned}$$

De este último resultado, puesto que la suma de los números estructurales de cada capa es mayor al número estructural total, la conclusión es que cada capa del paquete estructural queda protegida de los esfuerzos a los cuales va a ser sometida.

De lo calculado por medio de las ecuaciones se tienen los siguientes valores de espesores por capa:

$$d_1 = 4,5 \text{ " } \approx 12,00 \text{ cm}$$

$$d_2 = 2 \text{ " } \approx 5,00 \text{ cm}$$

$$d_3 = 1 \text{ " } \approx 2,54 \text{ cm}$$

Sin embargo, es necesario que los espesores de las capas cumplan con los valores de espesores mínimos que sugiere la AASHTO. Los espesores antes presentados deben ser cotejados con los valores de la tabla LXXVI, tomando en cuenta que el rango de W_{18} está en 500 000 – 2 000 000.

Tabla LXXVI. **Espesores mínimos sugeridos**

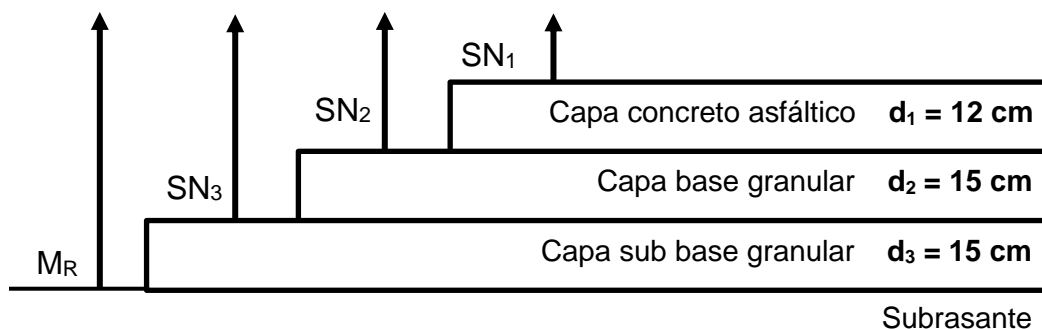
W_{18}	Capa asfáltica	Base y/o sub base
Menos de 50 000	3,0 cm	10 cm
50 000 – 150 000	5,0 cm	10 cm
150 000 – 500 000	6,5 cm	10 cm
500 000 – 2 000 000	7,5 cm	15 cm
2 000 000 – 7 000 000	9,0 cm	15 cm
Más de 7 000 000	10,0 cm	15 cm

Fuente: ITURBE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 147.

De la tabla anterior, tenemos que el valor mínimo de la capa asfáltica para este diseño debe ser de 7,5 cm y 15 cm para la capa base. El primer valor sí se cumple por medio de las ecuaciones, pero el segundo valor ya no.

En conclusión, la estructura del pavimento para este proyecto queda de la forma mostrada en la figura 81.

Figura 81. **Espesores de la estructura del pavimento diseñado**



Fuente: elaboración propia.

2.2.10. Diseño de drenajes

Las estructuras de drenaje tienen como objetivo controlar el agua que llega a la vía, evacuarla y conducirla a través de su estructura. Los daños ocasionados por el agua perjudican el costo de la construcción y mantenimiento e incluso pueden interrumpir el flujo del tránsito. Se clasifican en drenaje transversal y longitudinal.

Debe realizarse un estudio hidrológico para analizar las cuentas que tributan agua al tramo carretero para obtener los caudales tributarios y, finalmente, diseñar la capacidad hidráulica que se necesita para drenar dicho caudal.

2.2.10.1. Estudio hidrológico

Se desarrollará, en este caso, el estudio hidrológico con el método racional. Este método asume que el caudal máximo a un punto dado; se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración). El caudal de diseño se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{ciA}{360}$$

Donde:

- Q: Caudal de diseño en metros cúbicos por segundo
i: Intensidad de lluvia en milímetros por hora

- c: Coeficiente de escorrentía
 A: Área drenada de la cuenca en hectáreas

El valor de la intensidad de lluvia se puede obtener mediante el análisis de una intensidad de lluvia de 5 minutos de duración y un período de retorno de 10 años que el INSIVUMEH realizó y que está publicado en el atlas hidrológico. Para este caso, corresponde un valor de $i = 140$ mm/hr.

En la siguiente tabla se muestran algunos valores del coeficiente de escorrentía, que es el porcentaje de lluvia en un área dada que fluye como agua superficial libre.

Tabla LXXVII. **Coeficientes de escorrentía**

Tipo de superficie	Valor de C
Superficies impermeables	0,90 – 0,95
Superficies empinadas y áridas	0,80 – 0,90
Superficies onduladas y áridas	0,60 – 0,80
Superficies planas y áridas	0,50 – 0,70
Prado ondulado	0,40 – 0,65
Bosques de hoja suelta	0,35 – 0,60
Bosques de coníferas	0,25 – 0,50
Huertos	0,15 – 0,40
Tierra de cultivo ondulada	0,15 – 0,40
Tierra de cultivo plana	0,10 – 0,30

Fuente: HERNÁNDEZ, Allan. *Diseño geométrico de la carretera para libramiento del municipio de Palencia*. p. 103.

En este caso se utiliza un coeficiente de escorrentía igual a 0.40, como criterio de la vegetación observada y la topografía del lugar.

Para el cálculo de la tubería a utilizar se utiliza la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \times \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

Donde:

- Q: Caudal máximo en m³/s
- N: Rugosidad del material de la tubería
- A: Área de sección transversal
- D: Diámetro de la sección transversal
- S: Pendiente hidráulica

Teniendo el caudal de diseño, se calcula un nuevo caudal para un valor de diámetro de tubería supuesto con la ecuación de Manning. Si para este diámetro el caudal es mayor que el de diseño, se utilizará la tubería correspondiente a ese diámetro.

2.2.10.2. Drenaje transversal

Este tipo de estructura está conformada por tuberías (pueden ser de concreto o metálicas) que son las responsables de conducir el agua proveniente de las cunetas cruzándola hacia el otro lado de la carretera. Se colocan en una dirección aproximadamente perpendicular a la vía.

Se compone de una caja recolectora de caudal, la cual recibe el agua proveniente de la cuneta y la traslada a la tubería; muro cabezal, que protege la tubería y el relleno de la carretera para que no se erosione.

En este proyecto se utilizará tubería metálica corrugada (cuyo valor de rugosidad es de 0,030) de sección interior circular de 30", llevará una caja en la entrada y muro cabezal en la salida. En los planos se indica el lugar de las tuberías y los detalles correspondientes.

2.2.10.3. Drenaje longitudinal

Dentro de este tipo de drenaje están las cunetas y contracunetas. Su característica es que conducen el agua de forma paralela a la vía de la carretera.

2.2.10.3.1. Cuneta

Las cunetas son canales abiertos que se adosan paralelamente a los lados de la corona de la vía. El objetivo de esta estructura es evacuar el agua superficial proveniente de la sección de corte (talud) y de la superficie de rodamiento.

Para este proyecto se utilizará una cuneta de sección transversal triangular con un ancho de 0,50 m, revestida de concreto de 0,10 m de espesor.

2.2.11. Elaboración de planos

En los apéndices pueden apreciarse los planos que se elaboraron.

- Planta general: contiene la planta general del proyecto.
- Planta y perfil: se presenta una serie de planos que contiene la planta y el perfil de la carretera, divididos en tramos, indicando el diseño geométrico (curvas horizontales y verticales, así como pendientes) y localización de drenajes.

- Secciones transversales: presenta las áreas de las secciones transversales a cada 20 m en tramos rectos y a cada 10 m en curvas.
- Detalles: muestra los detalles de la sección típica, con los espesores de la estructura del diseño de pavimento; así como el detalle de los drenajes.

2.2.12. Presupuesto del proyecto

La integración del costo estimado del proyecto se detalla en el siguiente apartado.

2.2.12.1. Cantidades estimadas de trabajo

El costo del proyecto es de Q 13 658 381,00. La integración de los precios unitarios se encuentra detallada en los apéndices.

Tabla LXXVIII. Presupuesto general proyecto de carretera

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO						
LONGITUD: 7.142 km						
REGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	TOTAL	
1	PRELIMINARES					
1.1	Replanteo topográfico	km	7.142	Q 7.672.83	Q 54,799.35	
1.2	Limpia, chapeo y destronque	Ha	5.00	Q 2,047.90	Q 10,239.51	
2	MOVIMIENTO DE TIERRA					
2.1	Excavación no clasificada	m³	7,014.81	Q 106.89	Q 749,786.02	
2.2	Excavación no clasificada de desperdicio	m³	9,926.75	Q 31.46	Q 312,325.22	
3	CAPA DE RODADURA					
3.1	Reacondicionamiento de sub-rasante	m²	39,290.00	Q 11.84	Q 465,016.16	
3.2	Capa base granular (15 cm de espesor)	m³	5,892.15	Q 333.673	Q 1,966,053.72	
3.3	Capa sub base granular (15 cm de espesor)	m³	5,892.15	Q 310.321	Q 1,828,460.24	
3.4	Riego de imprimación	GLS	12,000.00	Q 82.71	Q 992,553.41	
3.5	Riego liga	GLS	3,930.00	Q 77.26	Q 303,638.27	
3.6	Concreto asfáltico para carpeta asfáltica (e = 0.12 m)	m³	4,713.72	Q 696.73	Q 3,284,178.58	
4	ESTRUCTURAS DE DRENAJE MENOR					
4.1	Excavación ampliación/rectificación de canales existentes	m³	990.00	Q 25.34	Q 25,086.28	
4.2	Excavación estructural para alcantarillas	m³	595.00	Q 29.67	Q 17,654.11	
4.3	Colocación de alcantarillas de metal corrugado (φ = 30")	ml	192.00	Q 1,327.46	Q 254,873.07	
4.4	Relleno estructural de alcantarillas	m³	550.00	Q 293.53	Q 161,440.16	
4.5	Cajas de concreto ciclopeo para alcantarilla	m³	45.00	Q 4,046.30	Q 182,083.33	
4.6	Cabezales para alcantarilla con zampeado de piedra	m³	51.00	Q 3,041.35	Q 155,108.65	
4.7	Cunetas triangulares revestidas de concreto (e = 0.10 m)	m³	1,190.00	Q 2,432.84	Q 2,896,084.44	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 13,658,380.51	
TOTAL REDONDEADO					Q 13,658,381.00	
COSTO UNITARIO POR KILOMETRO (SUGERIDO)					Q 1,912,403.00	

Fuente: elaboración propia.

2.2.13. Evaluación ambiental inicial

En la sección de apéndice se presenta la matriz de Leopold modificada aplicada a este proyecto. Los factores ambientales para considerar son: a) características físicas y químicas, b) condiciones biológicas y c) socioeconómicas. Del análisis de identificación de impactos ambientales realizado, el resultado da a conocer que no existe ningún riesgo e impacto adverso en la ejecución de dicho proyecto. Como complemento, se presentan las siguientes medidas de mitigación a realizar.

Tabla LXXIX. **Medidas de mitigación ambiental**

Impacto	Medidas de mitigación
Características: físicas y químicas	
<ul style="list-style-type: none"> • Alteración en el curso de agua de red de drenaje natural. • Cambios en la estabilidad de taludes por el trazo de la línea central de la carretera. • Contaminación atmosférica por la emisión de material particulado y polvo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elegir una ruta de trazado respetando el medio ambiente. • Realizar el diseño geométrico lo más apegado posible a las condiciones naturales del terreno, evitando diseños perjudiciales. • Humedecer periódicamente las vías de acceso a la obra.
Características: biológicas	
<ul style="list-style-type: none"> • Remoción de la cobertura vegetal durante trabajos preliminares y posteriores. • Alteración del hábitat de especies protegidas por la elección del camino. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar al personal respecto del reconocimiento de especies de flora nativa, con el fin de evitar el corte de flora. • Elegir trazados respetuosos del hábitat de especies de fauna protegida. • Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización.

Continuación tabla LXXIX.

Características: socioeconómicas	
<ul style="list-style-type: none">• Aumento del riesgo de accidente producto del mejoramiento del camino.• Deterioro del patrimonio cultural producto de elección de trazado que pase por él.• Disminución del valor paisajístico y estético de zonas del lugar.• Alteración de las costumbres y culturas de las comunidades cercanas.	<ul style="list-style-type: none">• Implementar proyectos de iluminación y señalización para garantizar la seguridad en la ruta.• Evitar trazar el eje del camino sobre elementos del patrimonio cultural.• Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.• Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El diagnóstico del área de trabajo es fundamental para establecer las necesidades y definir los recursos que se deben utilizar en los proyectos.
2. Deben aplicarse las normas y especificaciones nacionales e internacionales para garantizar seguridad en los diseños estructurales.
3. Los planos y el presupuesto son necesarios para determinar los recursos tanto físicos, humanos y económicos que se invertirán en los proyectos.

RECOMENDACIONES

1. Durante la ejecución de los proyectos, debe existir permanentemente una supervisión técnica para garantizar el cumplimiento de lo indicado en planos, cumplimiento de normas y especificaciones técnicas, así como la calidad de materiales.
2. Para garantizar el buen funcionamiento de los proyectos y alcanzar la vida útil para la que se diseñó, debe existir un mantenimiento preventivo y correctivo periódicamente.
3. Actualizar los presupuestos de ejecución, previo a la cotización de los proyectos, para que estén acorde a la realidad actual del municipio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala: SIECA, 2002. 102 p.
2. American Concrete Institute. Comité ACI 318. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ACI 318S-14*. Farmington Hills, Estados Unidos: ACI, 2014. 587 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2018. 878 p.
4. BRAJA M. Das. *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. 4a ed. México: Cengage Learning, 2010. 855 p.
5. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. México: Limusa, 2004. 715 p.
6. HERNÁNDEZ VENTURA, Héctor Nery. *Diseño del tramo carretero comprendido de la comunidad Volcancito, hacia la comunidad Sam Greene, del municipio de Tukurú, departamento de Alta Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 71 p.

7. KANI, Gaspar. *Cálculo de pórticos de varios pisos*. 6a ed. México: Reverté, 1958. 97 p.
8. MELI PIRALLA, Roberto. *Diseño estructural*. 2a ed. México: Limusa, 2008. 593 p.
9. MINISTERIO DE COMUNICACIONES, INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA. DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS. *Especificaciones Generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Dirección General de Caminos, 2001. 724 p.
10. MONTEJO FONSECA, Alfonso. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. 2a ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2002. 378 p.
11. NILSON, Arthur H. *Diseño de Estructuras de Concreto*. 12a ed. Santafé de Bogotá: McGraw Hill, 2004. 713 p.
12. OROZCO AREAS, Oswaldo José. *Diseño de edificio de dos niveles para mercado municipal, en el municipio de Magdalena Milpas Altas, Departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 138 p.
13. PALMA HERNÁNDEZ, Joel Estuardo. *Estudio y diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero, que une la aldea Las Victorias y Finca Conchas, del municipio de Villa Canales*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 62 p.

14. PAREDES RUIZ, Paola Anaitée. *Guía teórica y práctica del curso de diseño estructural*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 140 p.
15. SICAL RAXCACO, Axel Roely. *Detallado de diseño sísmico de hormigón armado con base al ACI 2005*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 183 p.
16. UGARTE CONTRERAS, Olger. *Diseño geométrico de carreteras con AutoCad Civil 3D*. Lima: Macro, 2013. 534 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Tabla resumen de valores para generar el diagrama de interacción de resistencia**

C	Resistencia Nominal		Factor de reducción	Factor de "e" accidental	Resistencia de diseño		
	Pn	Mn	Φ	\emptyset	ΦP	ΦM	e diseño
200	1 028,16	0	0,65	0,8	534,64	0	0
60	831,20	46,67	0,65	0,8	432,22	24,26	5,61
56,3	778,77	56,75	0,65	0,8	404,96	29,51	7,28
52,6	725,29	65,62	0,65	0,8	377,15	34,12	9,04
48,9	670,51	73,30	0,65	0,8	348,66	38,12	10,93
45,2	614,12	79,87	0,65	0,8	319,34	41,53	13,00
41,5	555,68	85,40	0,65	0,8	288,95	44,40	15,36
37,8	494,58	89,99	0,65	0,8	257,18	46,79	18,19
34,1	429,98	93,81	0,65	0,8	223,59	48,78	21,81
30,4	369,80	94,80	0,65	0,8	192,29	49,30	25,63
26,7	316,52	92,23	0,65	0,8	164,59	47,96	29,14
23	260,54	88,24	0,65	0,8	135,48	45,88	33,86
19,3	200,33	82,84	0,65	0,8	104,17	43,08	41,35
15,6	143,04	75,17	0,65	0,8	74,38	39,09	52,55
11,9	88,48	64,56	0,65	0,8	46,01	33,57	72,96
8,2	25,23	50,39	0,65	0,8	13,12	26,20	199,71
4,5	-68,18	27,34	0,65	0,8	-35,45	14,22	-40,10

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Memoria de cálculo del diagrama de interacción de resistencia

Diseño de Columna
Columna crítica

1,1 Condiciones de la columna

f'c =	280 kg/cm2	fy =	4200 kg/cm2
f'c =	4000 psi	fy =	6000 psi
Ec =	252671,33 kg/cm2	Es =	2000000 kg/cm2
n =	7,92	β1	0,85
εc =	0,003		
εs =	0,0021	εusar =	0,002

1,2 Sección columna

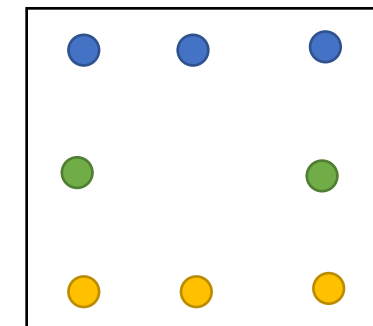
h =	60 cm	Ag =	3600 cm2
b =	60 cm	# Caras	4
rec =	4 cm	Cant. Barras	8

1.3 Área de acero para refuerzo longitudinal

Ast = ρbh

ρmin =	0,01
As(ρmin) =	36 cm2
Ref. a usar =	4,5 cm2/varilla
No. barra =	8
Asreal =	40,8 VÁLIDO
preal =	0,01133

r + ∅/2 (cm)	5,27
d =	54,73



1.4 Refuerzo de columna

∅ varilla	Cant. Barras	As acero (cm²)	distancias (cm)
∅3 =	3	As3 = 15,3	5,27 COMPRESIÓN
∅2 =	2	As2 = 10,2	30 *CP
∅1 =	3	As1 = 15,3	54,73 TENSION
	Correcto	As total = 40,8	

1.5 Cálculos

Po = 0.85 * f'c * Ag - As * fy

Po =	1028160 kg	M =	0 Ton-m
Po =	1028,16 Ton		

1.5 Cálculos

cuantía	0,01133	1,13%	rango de paso (cm)	3,7
---------	---------	-------	--------------------	-----

c → ∞ =	c (cm) =	60	56,3	52,6	48,9	45,2	41,5	34,1	30,4	26,7	19,3	15,6	11,9	32,83
ε1 =	0,002	0,0002635	8,3659E-05	0,000121483	0,000357669	0,000632522	0,000956386	0,001814956	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
ε2 =	0,002	0,0015	0,001401421	0,001288973	0,001159509	0,00100885	0,000831325	0,000360704	3,94737E-05	0,000370787	0,001663212	0,002	0,002	0,000258605
ε3 =	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001986538	0,001671429	0,002
fs1 =	4200	527	167,3179396	242,9657795	715,3374233	1265,044248	1912,771084	3629,912023	4200	4200	4200	4200	4200	4200
fs2 =	4200	3000	2802,841918	2577,946768	2319,018405	2017,699115	1662,650602	721,4076246	78,94736842	741,5730337	3326,42487	4200	4200	517,209869
fs3 =	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	3973,076923	3342,857143	4200

c aprox falla balanceada

Continuación apéndice 2.

fs1=	4200	527	167,3179396	242,9657	715,3374233	1265,044248	1912,771084	3629,912	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200
fs2=	4200	3000	2802,841918	2577,946	2319,018405	2017,699115	1662,650602	721,4076	78,94736842	741,5730337	3326,42487	4200	4200	4200	517,209869
fs3=	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4200	3973,076923	3342,857143	2143,902439	4200

1.6 Carga axial nominal (kg)

Ps1=	64260	8063,1	2559,964476	-3717,376	-10944,66258	-19355,17699	-29265,39759	-55537,653	-64260	-64260	-64260	-64260	-64260	-64260	-64260
Ps2=	42840	30600	28588,98757	26295,05	23653,98773	20580,53097	16959,03614	7358,357	805,2631579	7564,044944	33929,53368	-42840	-42840	-42840	5275,540664
Ps3=	64260	64260	64260	64260	64260	64260	64260	64260	64260	64260	64260	60788,07692	51145,71429	32801,70732	64260
Cc=	856800	728280	683369,4	638458,8	593548,2	548637,6	503727	413905,8	368995,2	324084,6	234263,4	189352,8	144442,2	99531,6	398490,54
$\Sigma(Ps+Cc)$	1028160	831203,1	778778,352	725296,4806	670517,5252	614122,954	555680,6386	429986,5038	369800,4632	316520,5551	200333,8663	143040,8769	88487,91429	25233,30732	403766,0807
P (Ton)	1028,16	831,203	778,778	725,296	670,518	614,123	555,681	429,987	369,80	316,521	200,334	143,041	88,488	25,233	403,766

1.7 Brazo respecto al C.P.

b (Ps1)	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73	-24,73
b (Ps2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
b (Ps3)	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73	24,73
b (Cc)	0	4,5	6,0725	7,645	9,2175	10,79	12,3625	15,5075	17,08	18,6525	21,7975	23,37	24,9425	26,515	16,04725

1.8 Momento nominal

Ms1=	-1589149,8	-199400,463	-63307,92149	91930,71901	270661,5055	478653,527	723733,2824	1373446,182	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8
Ms2=	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ms3=	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1589149,8	1503289,142	1264833,514	811186,222	1589149,8
MCC=	0	3277260	4149760,682	4881017,526	5471030,534	5919799,704	6227325,038	6418644,194	6302438,016	6044988,002	5106356,462	4425174,936	3602749,574	2639080,374	6394677,318
$\Sigma(Ms+MCC)$	0	4667009,337	5675602,56	6562098,045	7330841,839	7987603,031	8540208,12	9381240,176	9480737,616	9223287,602	8284656,062	7517613,878	6456732,888	5039416,396	9572976,918
M (Ton-m)	0	46,67009337	56,7560256	65,62098045	73,30841839	79,87603031	85,4020812	93,81240176	94,81	92,23287602	82,84656062	75,17613878	64,56732888	50,39416396	95,72976918

1.9 Excentricidad actuante

e (cm)=	0	5,614764114	7,287827846	9,047469856	10,93310997	13,00652089	15,36891431	21,81752239	25,63744116	29,13961654	41,35424636	52,55570324	72,96739832	199,7128768	23,70921525
---------	---	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

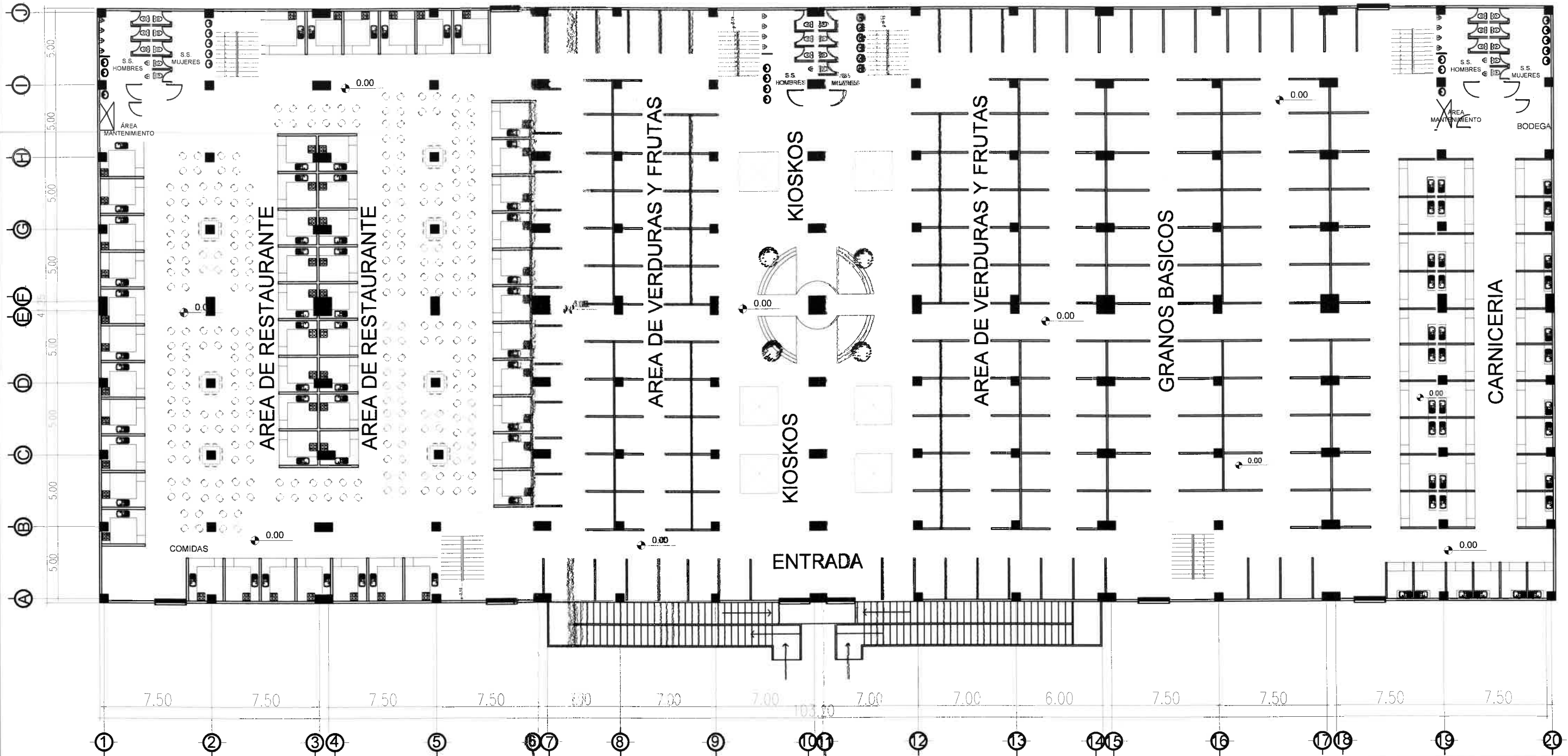
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Planos constructivos del mercado municipal**


MÓDULO A

MÓDULO B

MÓDULO C



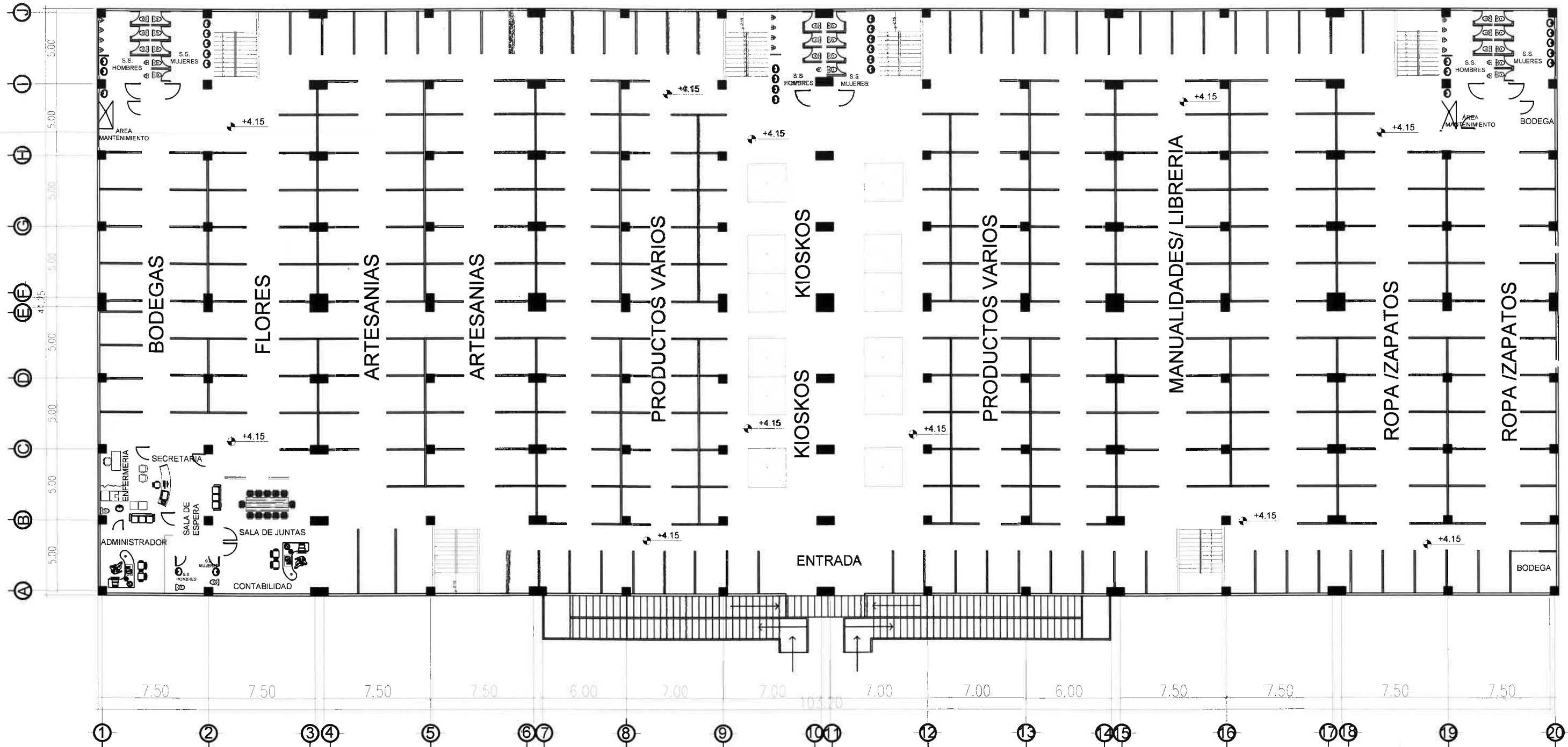
PLANTA CONJUNTO NIVEL 1

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
CONTENIDO:	PLANTA CONJUNTO NIVEL 1		A E I
DISEÑO: LUIS CAR	ASSESORA SUPERVISORA DE EPS UNIDAD DE EPS GARCÍA		1
CÁLCULO: LUIS CAR	FIRMA		20

MÓDULO A

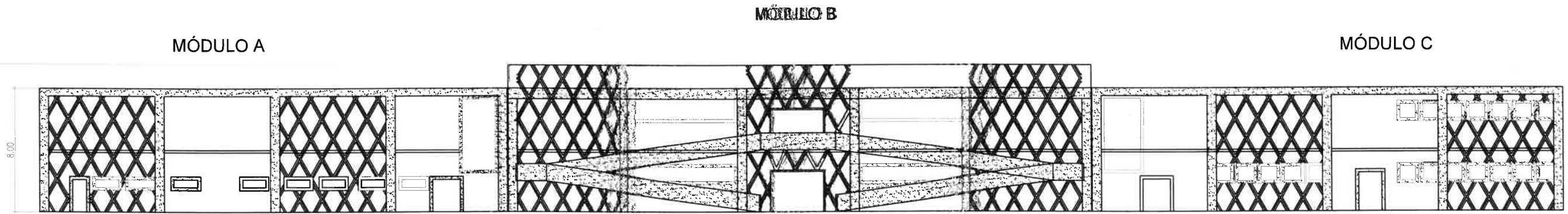
MÓDULO B

MÓDULO C

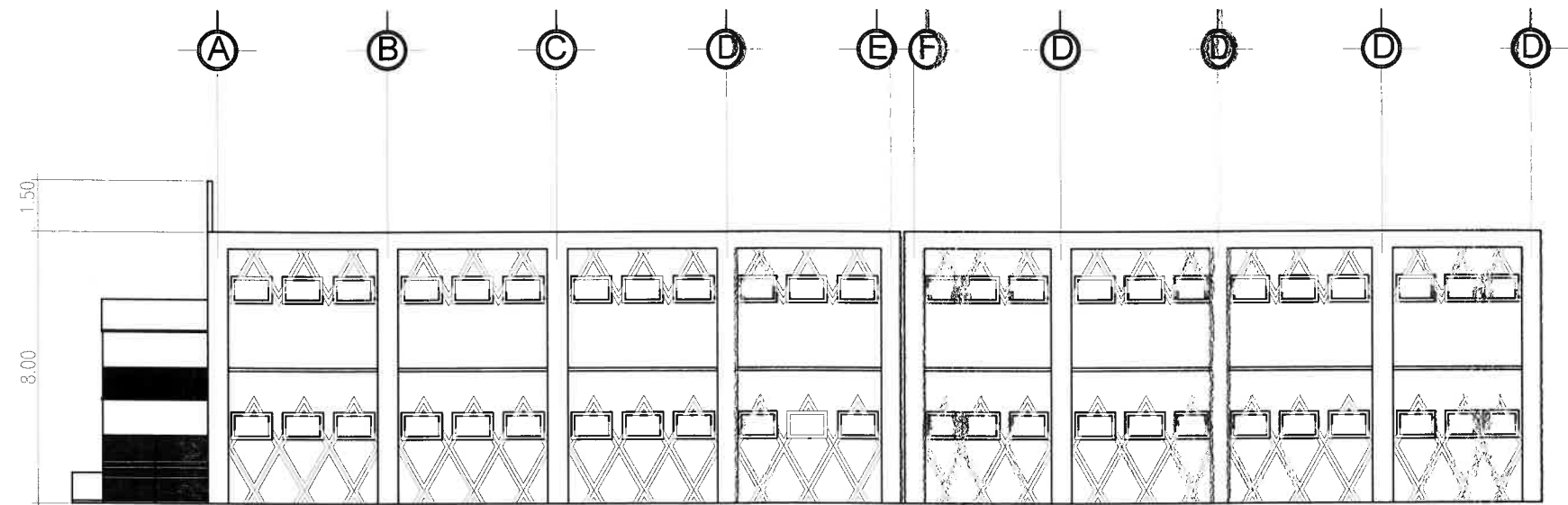


PLANTA CONJUNTO NIVEL 2


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,		
CONTENIDO: PLANTA CONJUNTO NIVEL 2			A E I / / /
DISEÑO: LUIS CAR	ASESORA / SUPERVISORA DE EPS ASESORA / SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS FECHA:		INDICADA 2 20
CÁLCULO: LUIS CAR	FIRMA		20



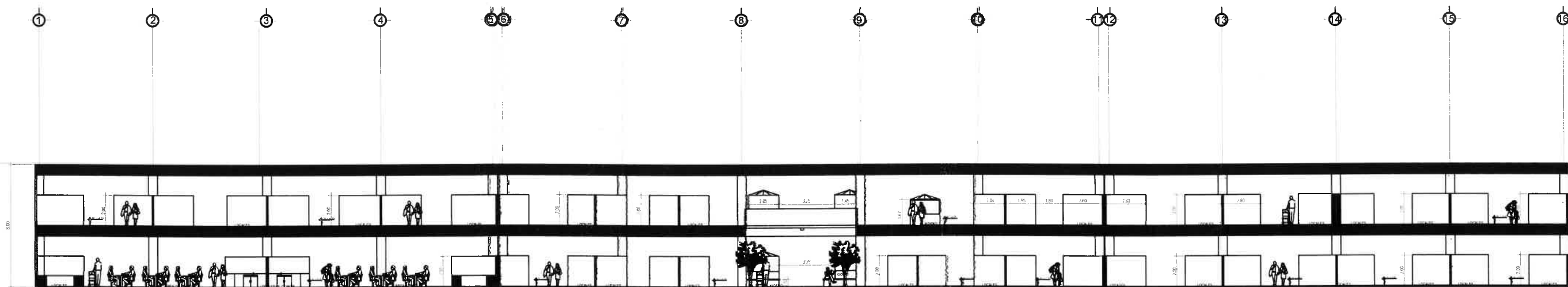
Ø ELEVACIÓN FACHADA FRONTAL



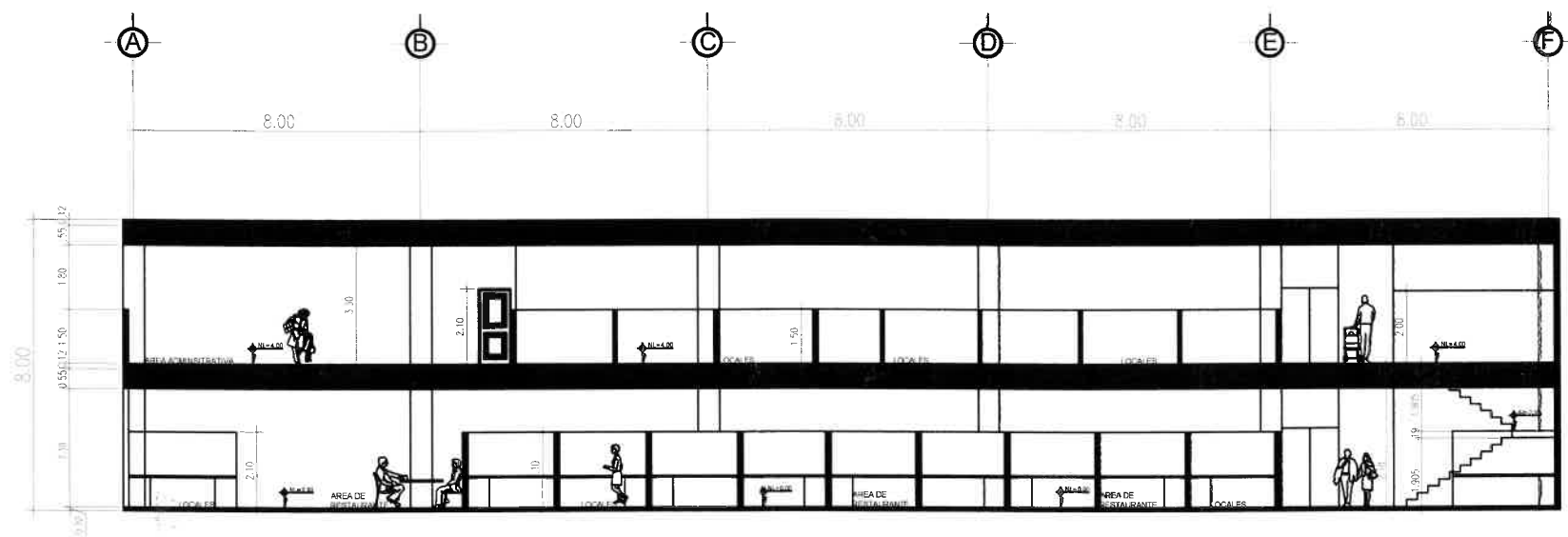
Ø ELEVACIÓN FACHADA LATERAL

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTÉN, QUiché.			
CONTENIDO: ELEVACIÓN DE FACHADAS			A E I <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DISEÑO: LUIS CAR			3 INDICADA
CÁLCULO: LUIS CAR			20 FIRMA




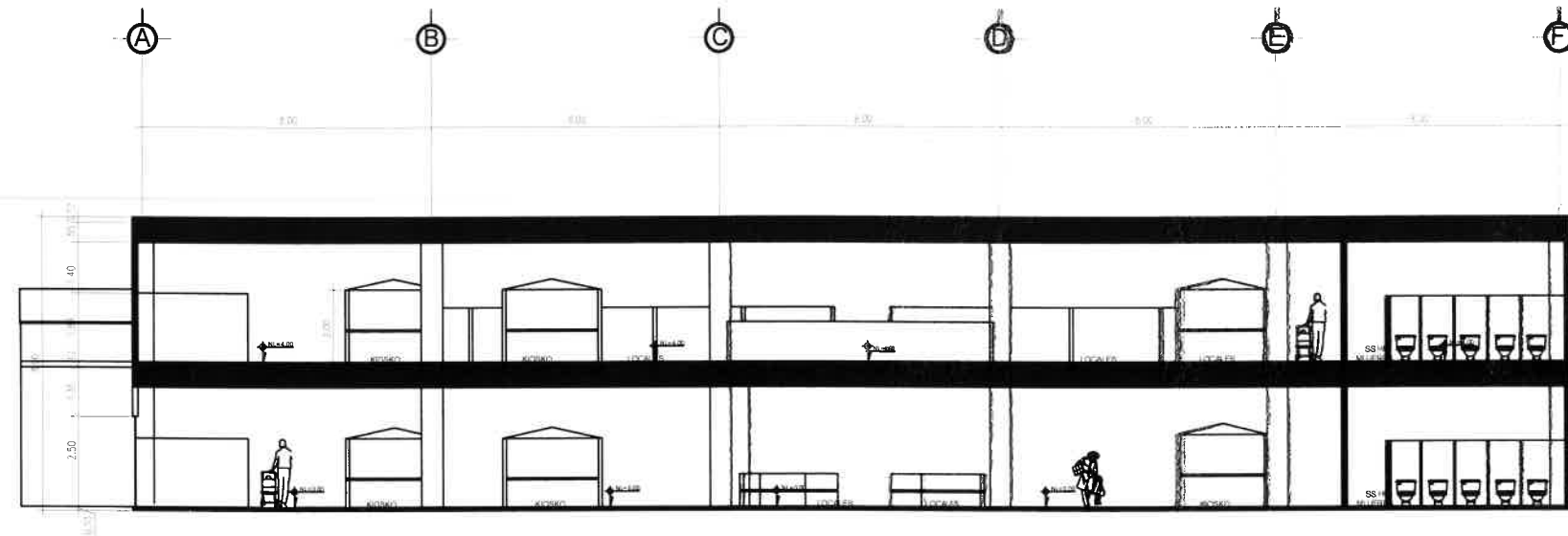


Ø CORTE LONGITUDINAL

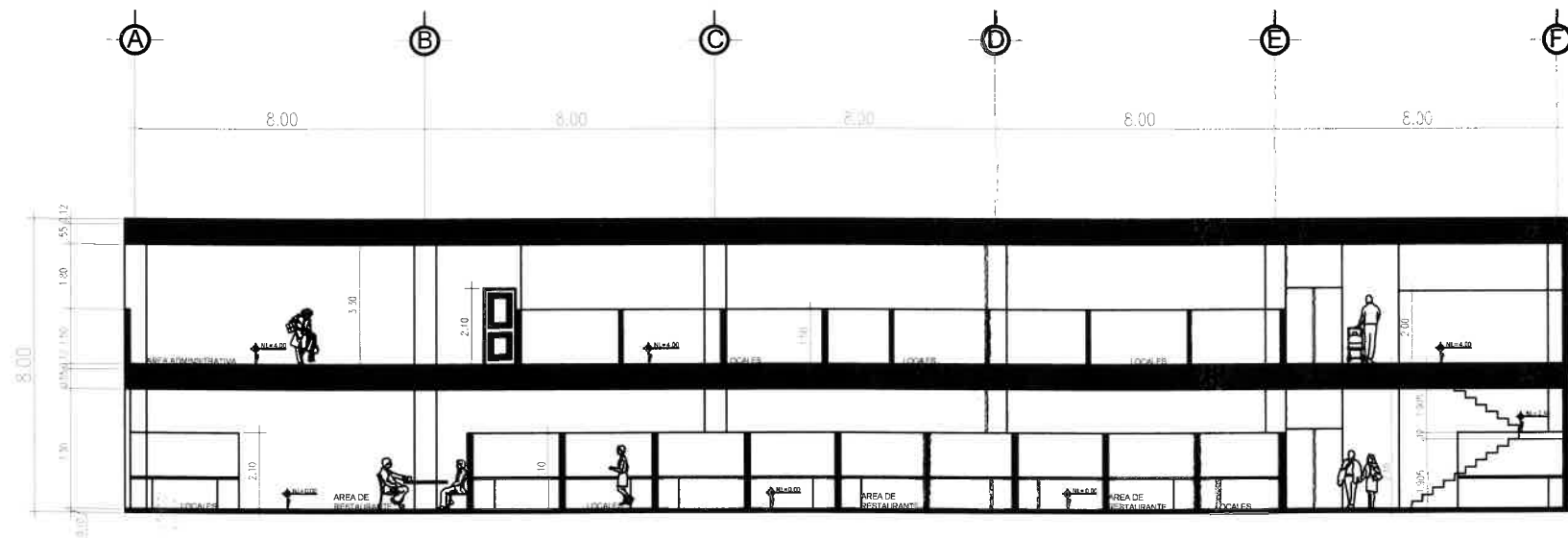


Ø CORTE A-A'


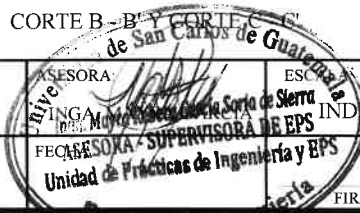
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	
		CONTENIDO: CORTE LONGITUDINAL - A'	A E I <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
DISEÑO: LUIS CAR	ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Procesos de Ingeniería y EPS	ESCALA: INDICADA	4 20
CÁLCULO: LUIS CAR	FECHA: FIRMA		

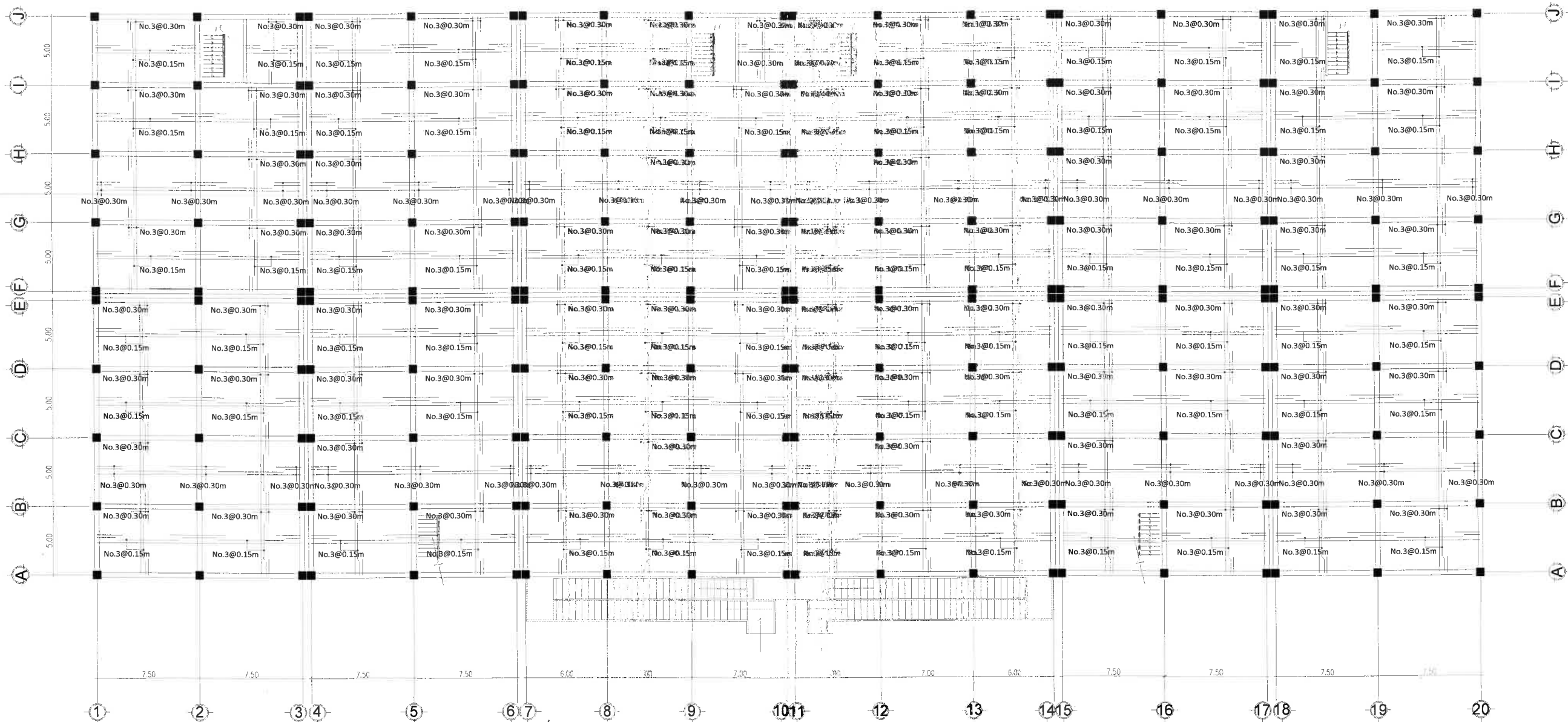


CORTE B - B'

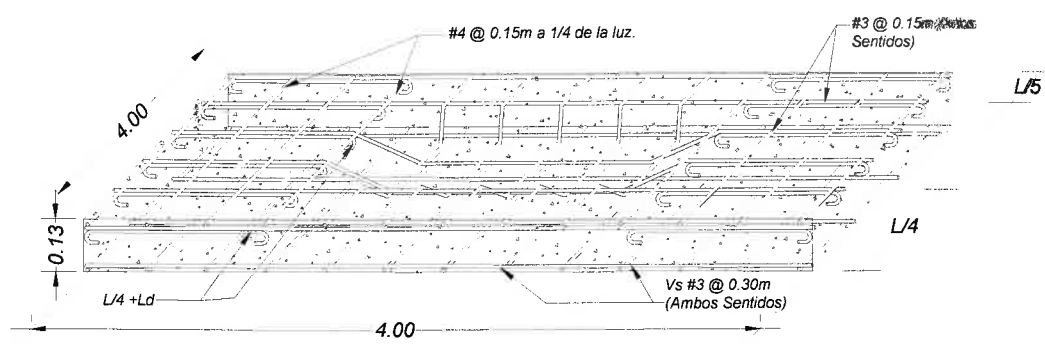


CORTE C - C'

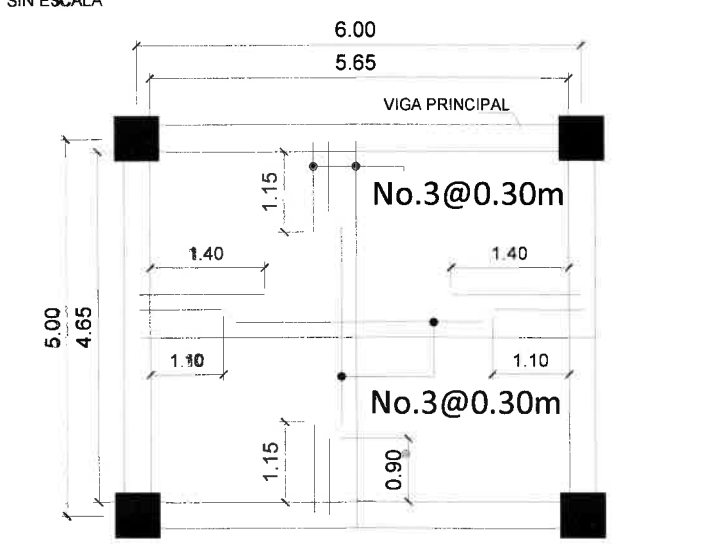
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO				
		PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO		
CONTENIDO:	CORTE B - B' Y CORTE C - C'	A	E	I
DISEÑO:	LUIS CAR	 ASESORA: <i>[Signature]</i> ESC. INGENIERIA FECHA: <i>[Date]</i> INDICADA ASESORA SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	5	20
CÁLCULO:	LUIS CAR				FIRMA



PLANTA DE LOSAS PRIMER NIVEL
SIN ESCALA

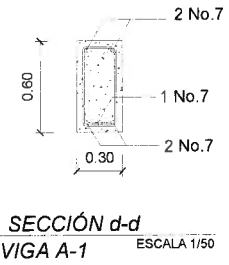
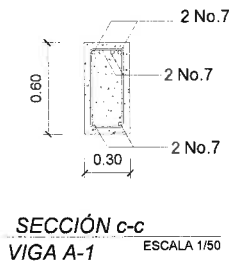
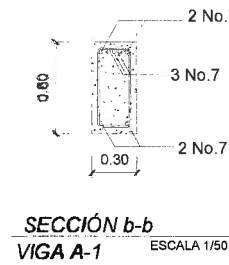
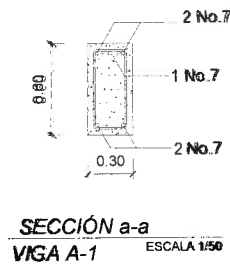
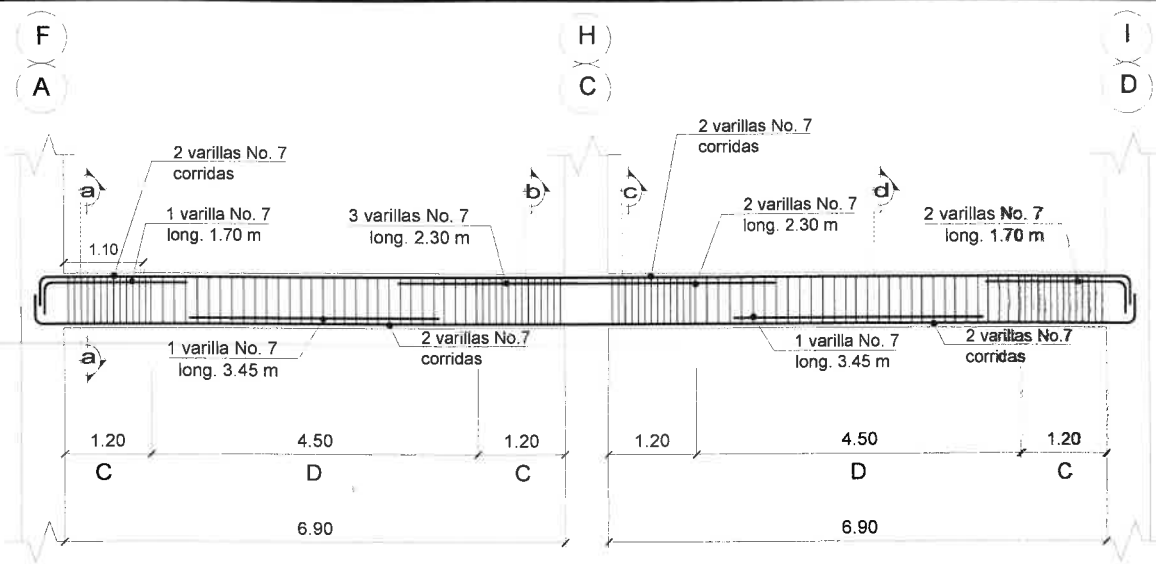


ISOMÉTRICO DE LOSAS



DETALLE LONGITUD REFUERZO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO		
CONTENIDO:	PLANTA DE LOSAS PRIMER NIVEL ISOMÉTRICO DETALLE DE LOSAS	A E I	
DISEÑO: LUIS CAR	ASESORA: <i>[Signature]</i> ASISTENTE: <i>[Signature]</i> ESCALA: INDICADA	6	20
CÁLCULO: LUIS CAR	FIRMA		



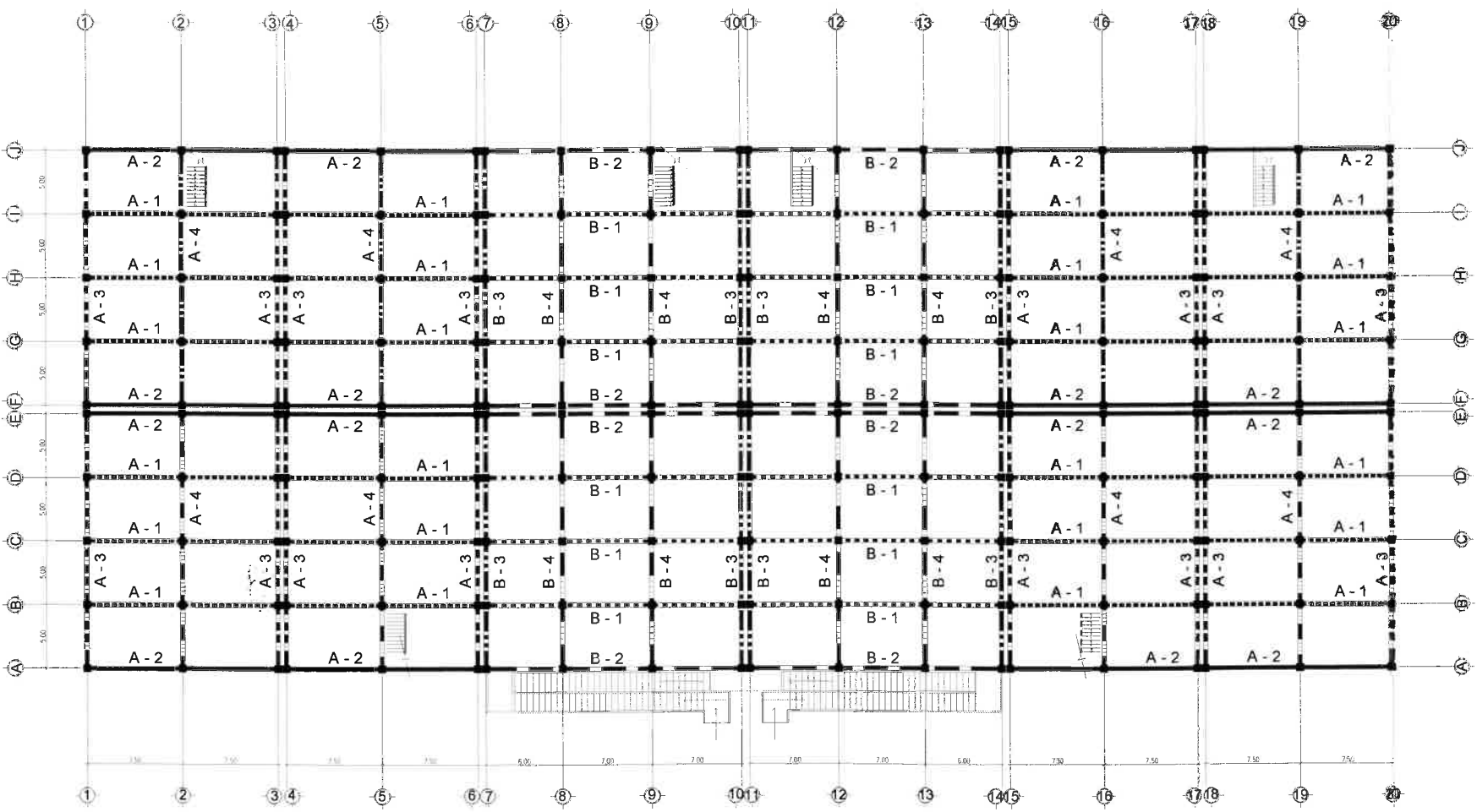
ELEVACIÓN VIGA A-1
MÓDULO A y C - NIVEL 1
ESCALA 1:125

ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS

TIPO	REFUERZO
A	No.3,1 EST. a 0.05m, RESTO @ 0.10 m
B	No.3 @ 0.25 m
C	No.3,1 EST. a 0.05m, RESTO @ 0.08 m
D	No.3 @ 0.15 m

ESPECIFICACIONES:

- La resistencia del concreto debe ser $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (4000 psi), con agregado no mayor a $\frac{3}{4}$ "
- El acero de refuerzo longitudinal y transversal debe ser de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (60,000 psi).
- El recubrimiento para las vigas principales debe ser 0.04 m, medidos a partir de la cara exterior.



PLANTA DE VIGAS PRIMER NIVEL
MERCADO MUNICIPAL
ESCALA 1:500

SIMBOLOGÍA

-----	VIGA A - 1
—————	VIGA A - 2
-----	VIGA A - 3
-----	VIGA A - 4
-----	VIGA B - 1
-----	VIGA B - 2
-----	VIGA B - 3
-----	VIGA B - 4

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

PROYECTO:
DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO

CONTENIDO: PLANTA DE CARGAS NIVEL 1
ELEVACIÓN Y SECCIÓN VIGA A-1

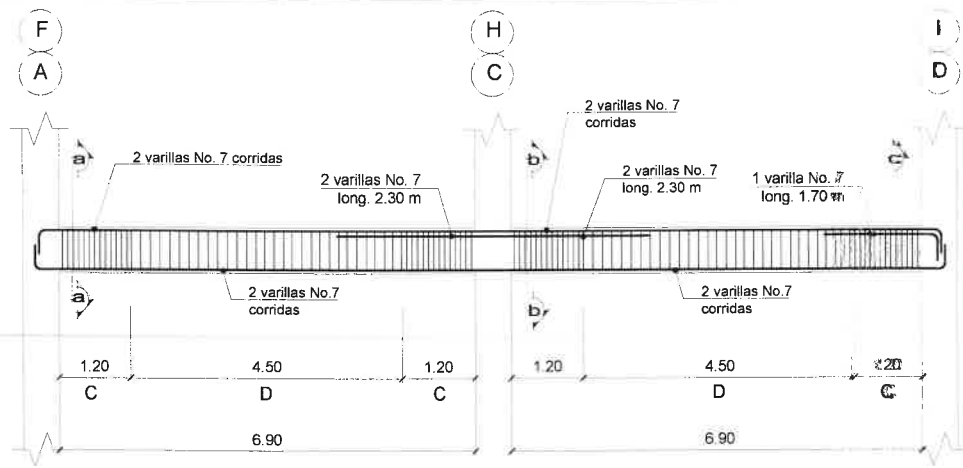
DISEÑO:
LUIS CAR

CÁLCULO:
LUIS CAR

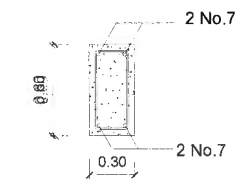
INDICADA

7
20

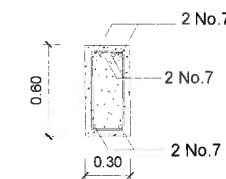
FIRMA



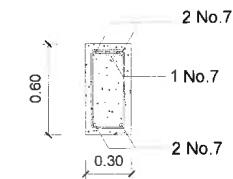
ELEVACIÓN VIGA A-2
MÓDULO A y C - NIVEL 1
ESCALA 1:125



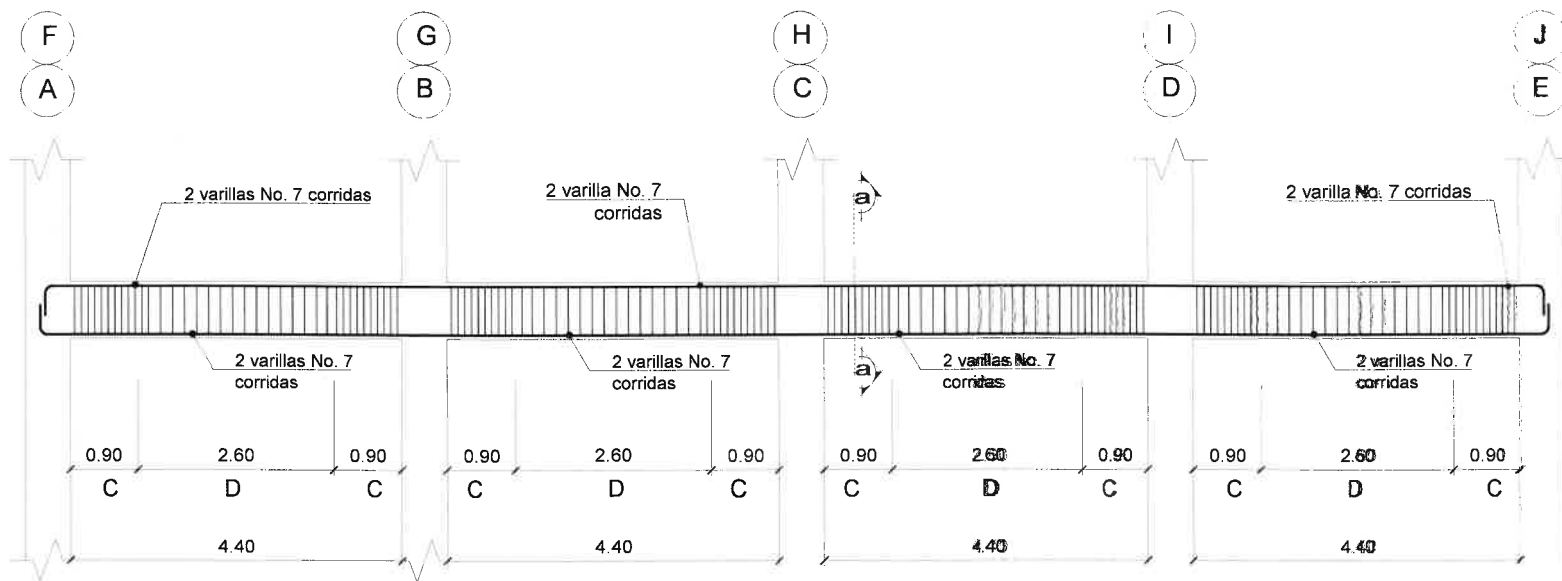
SECCIÓN a-a
VIGA A-2
ESCALA 1/50



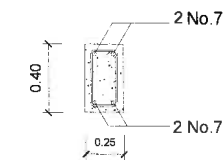
SECCIÓN b-b
VIGA A-2
ESCALA 1/50



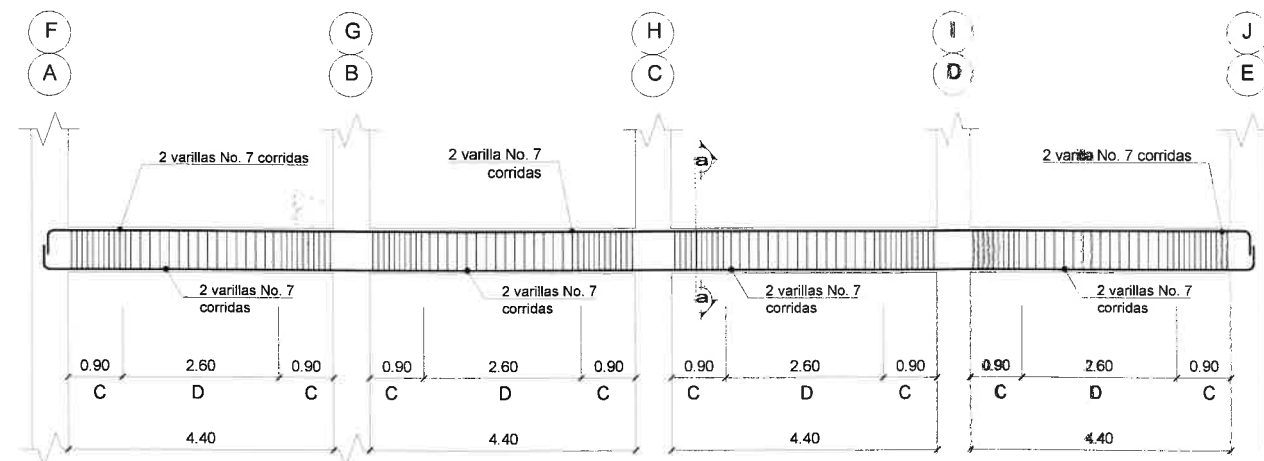
SECCIÓN c-c
VIGA A-2
ESCALA 1/50



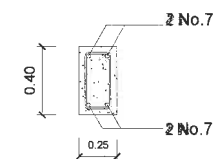
ELEVACIÓN VIGA A-3
MÓDULO A y C - NIVEL 1
ESCALA 1:100




SECCIÓN a-a
VIGA A-3
ESCALA 1/50

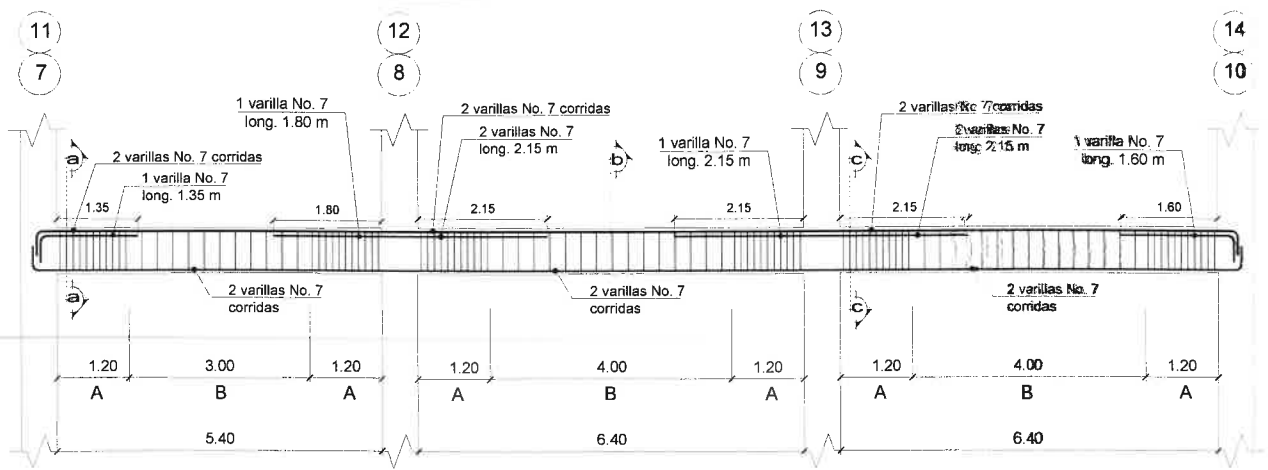


ELEVACIÓN VIGA A-4
MÓDULO A y C - NIVEL 1
ESCALA 1:125

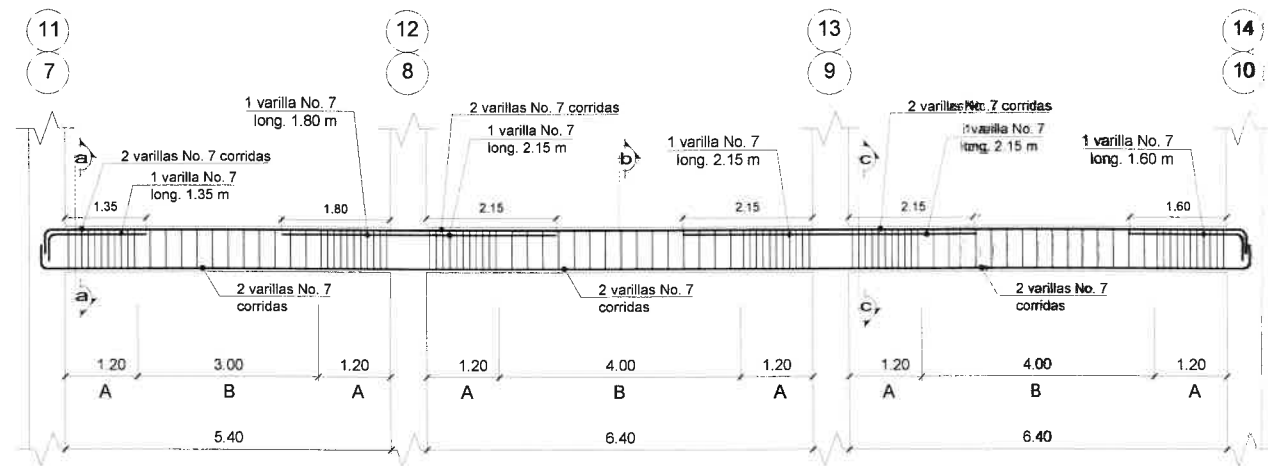


SECCIÓN a-a
VIGA A-4
ESCALA 1/50

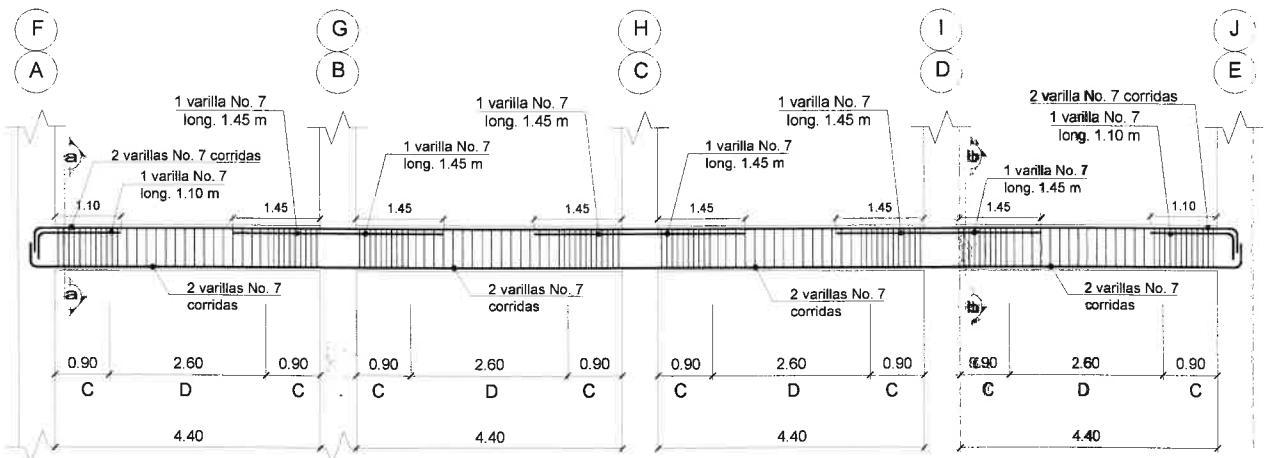
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMATENANGO		
CONTENIDO: ELEVACIÓN Y SECCIÓN VIGA A-2, VIGA A-3, VIGA A-4		A E I
DISEÑO: LUIS CAR	ESCALA: INDICADA	8
CÁLCULO: LUIS CAR	FIRMA	20



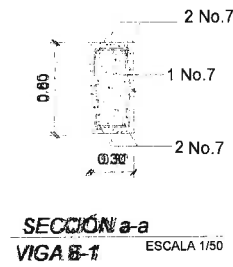
ELEVACIÓN VIGA B-1
MÓDULO B - NIVEL 1
ESCALA 1:125



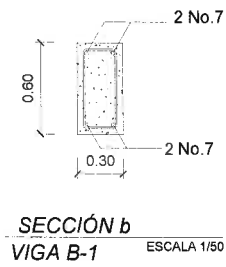
ELEVACIÓN VIGA B-2
MÓDULO B - NIVEL 1
ESCALA 1:125



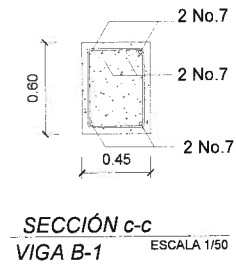
ELEVACIÓN VIGA B-3
MÓDULO B - NIVEL 1
ESCALA 1:125



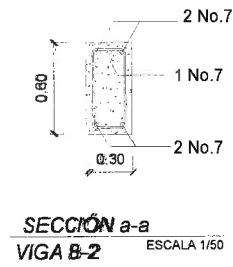
SECCIÓN a-a
VIGA B-1
ESCALA 1/50



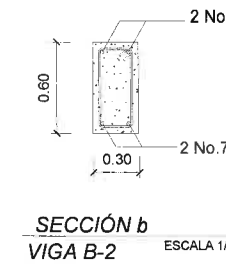
SECCIÓN b
VIGA B-1
ESCALA 1/50



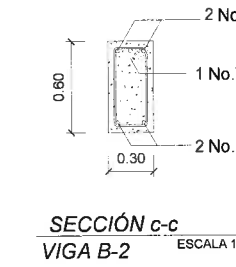
SECCIÓN c-c
VIGA B-1
ESCALA 1/50



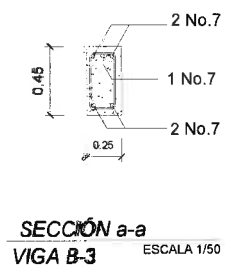
SECCIÓN a-a
VIGA B-2
ESCALA 1/50



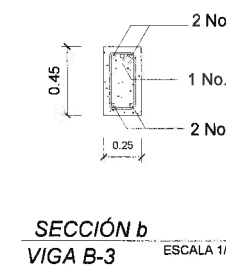
SECCIÓN b
VIGA B-2
ESCALA 1/50




SECCIÓN c-c
VIGA B-2
ESCALA 1/50

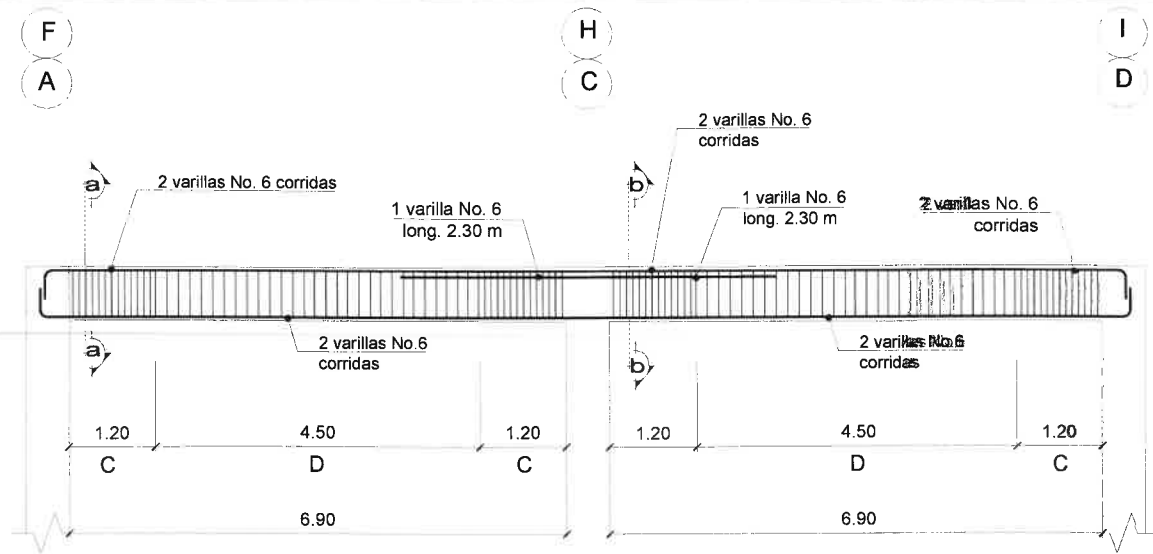


SECCIÓN a-a
VIGA B-3
ESCALA 1/50



SECCIÓN b
VIGA B-3
ESCALA 1/50

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,		
CONTENIDO: ELEVACIÓN Y SECCIÓN VIGA B-1, VIGA B-2, VIGA B-3	CHIVALTENANGO de San Carlos de Guatemala	A E I | | | | | | | | |
DISEÑO: LUIS CAR	ASESORIA SUPERVISADA DE EPS INGENIERIA Y EPS Unidad de Estudios de Ingeniería y EPS Ing. CARLOS MARCÍA	INDICADA 9
CÁLCULO: LUIS CAR	FECHA: _____ Firma: _____ Facultad de Ingeniería	20

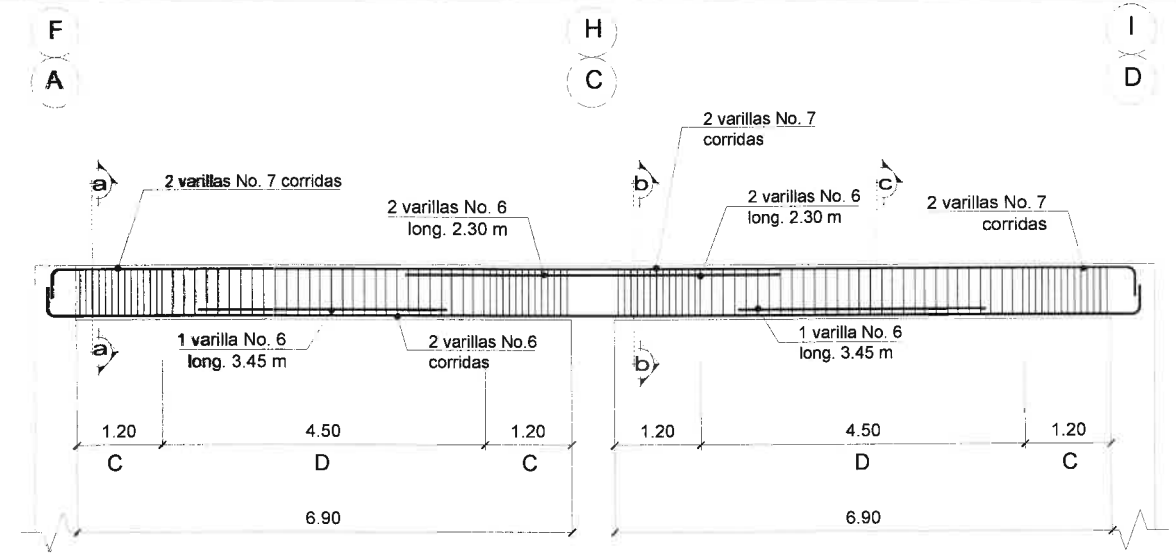


ELEVACIÓN VIGA A-5
MÓDULO A y C - NIVEL 2
ESCALA 1:125

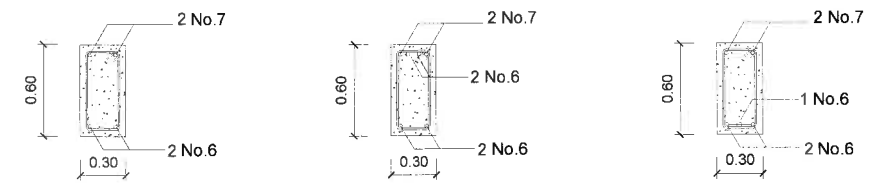


SECCIÓN a-a
VIGA A-5
ESCALA 1/50

SECCIÓN b-b
VIGA A-5
ESCALA 1/50



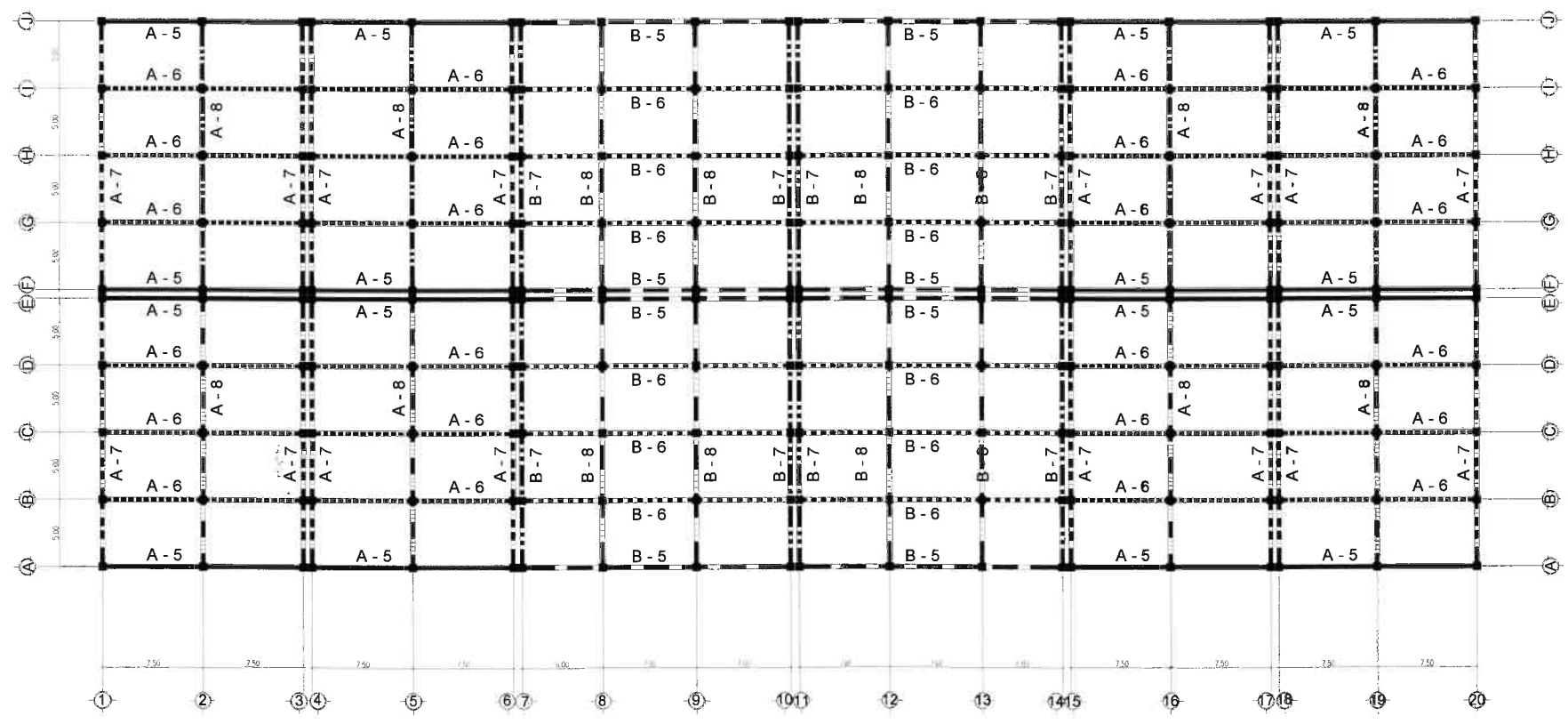
ELEVACIÓN VIGA A-6
MÓDULO A y C - NIVEL 2
ESCALA 1:125



SECCIÓN a-a
VIGA A-6
ESCALA 1/50

SECCIÓN b-b
VIGA A-6
ESCALA 1/50

SECCIÓN c-c
VIGA A-6
ESCALA 1/50



PLANTA DE VIGAS SEGUNDO NIVEL
MERCADO MUNICIPAL
ESCALA: 1:500

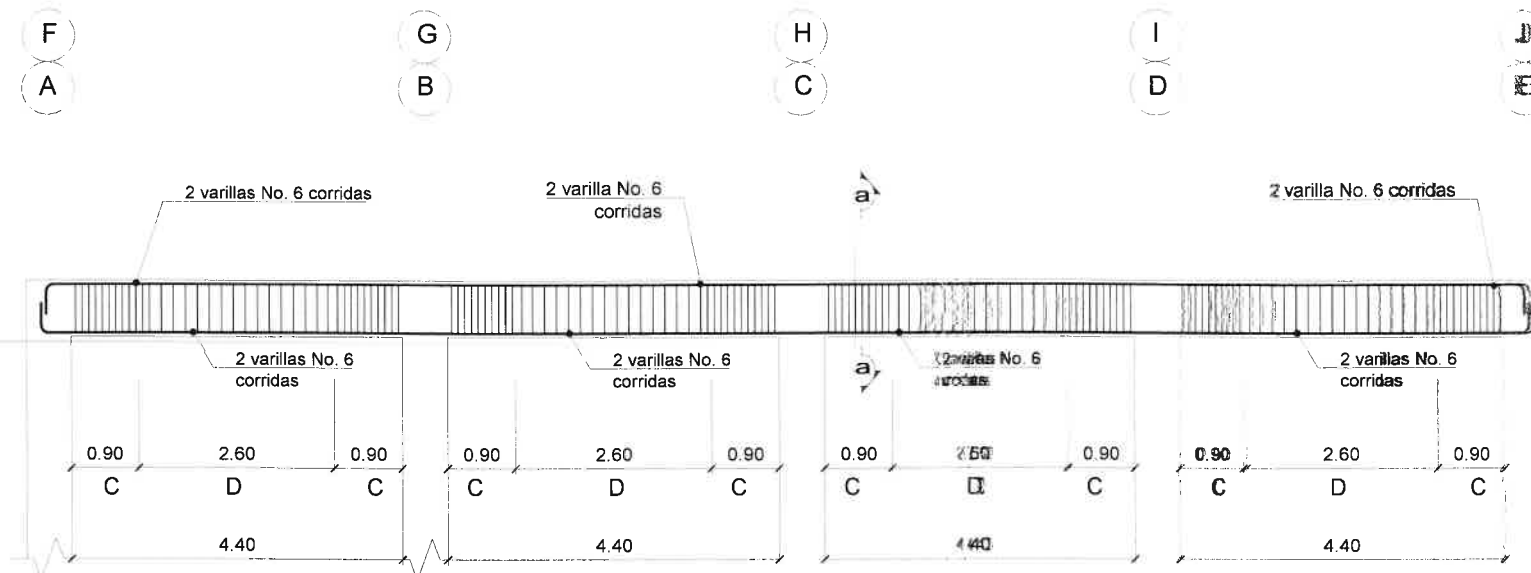
SIMBOLOGÍA	
	VIGA A - 5
	VIGA A - 6
	VIGA A - 7
	VIGA A - 8
	VIGA B - 5
	VIGA B - 6
	VIGA B - 7
	VIGA B - 8

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	
		CONTENIDO: PLANTA DE VIGAS NIVEL 2 ELEVACIÓN Y SECCIÓN VIGA A-6	
DISEÑO: LUIS CAR		ESCALA: INDICADA	
CÁLCULO: LUIS CAR		FIRMA	

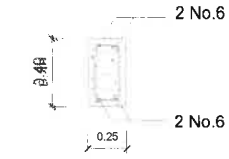
A E I

10

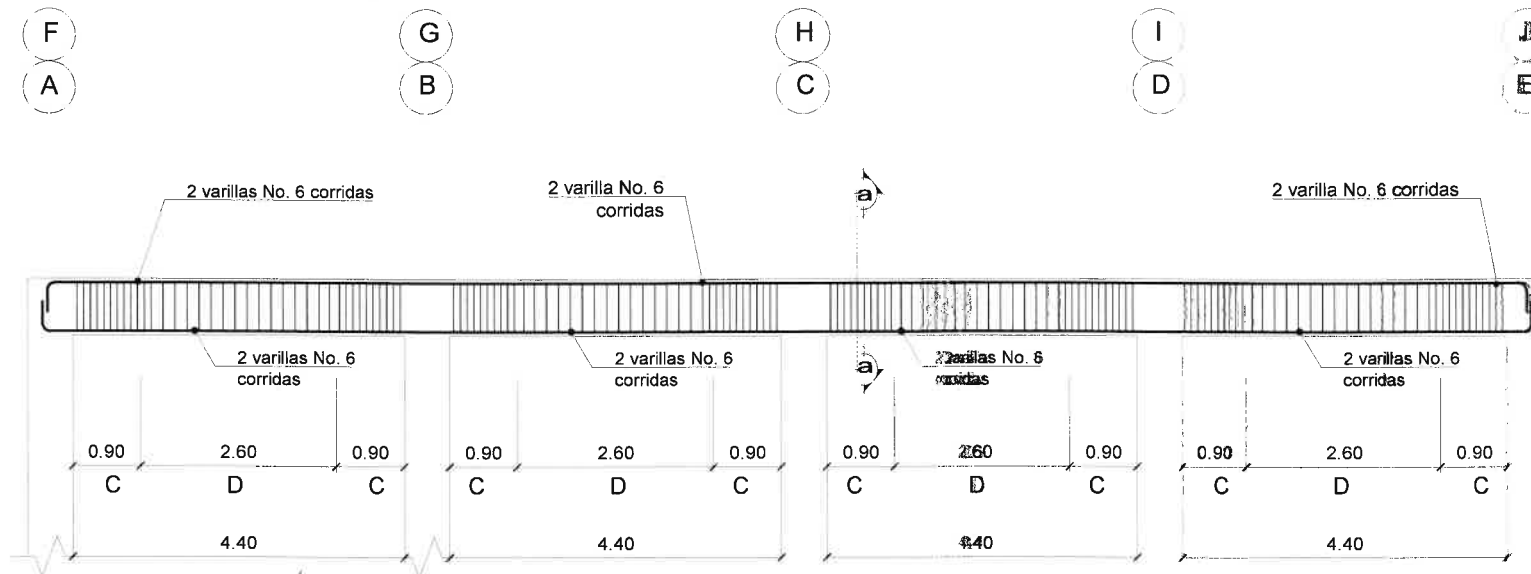
20



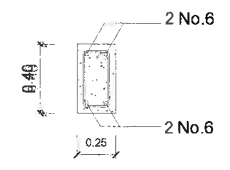
ELEVACIÓN VIGA A-7
MÓDULO A y C - NIVEL 2
ESCALA 1:100



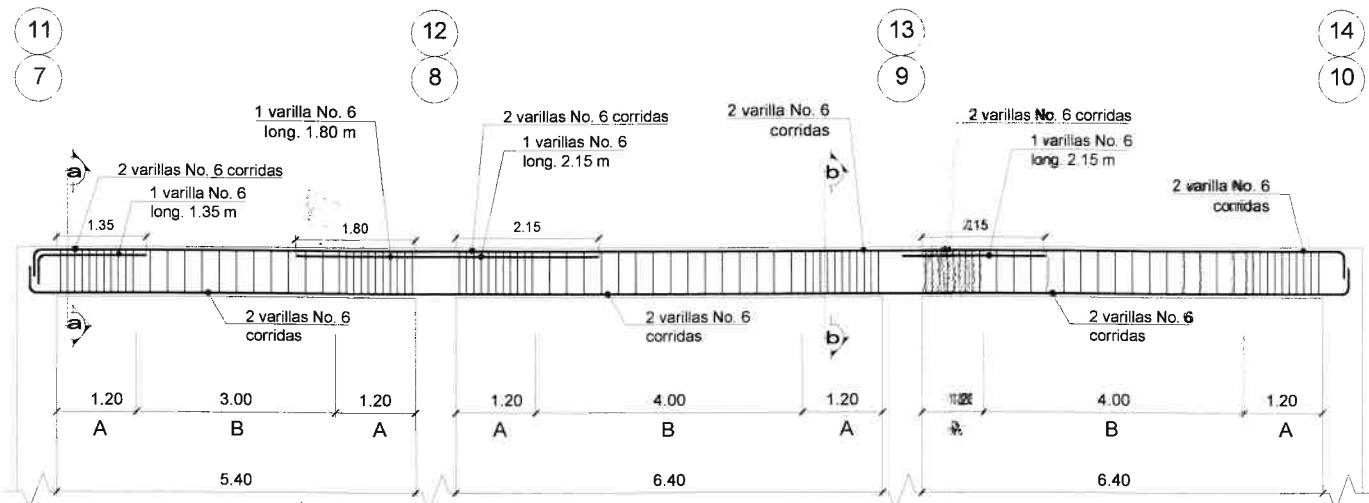
SECCIÓN a-a
VIGA A-7
ESCALA 1/50



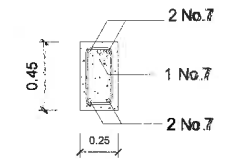
ELEVACIÓN VIGA A-8
MÓDULO A y C - NIVEL 2
ESCALA 1:100



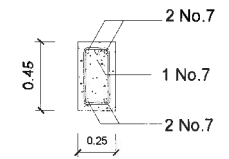
SECCIÓN a-a
VIGA A-8
ESCALA 1/50




ELEVACIÓN VIGA B-4
MÓDULO B - NIVEL 2
ESCALA 1:125

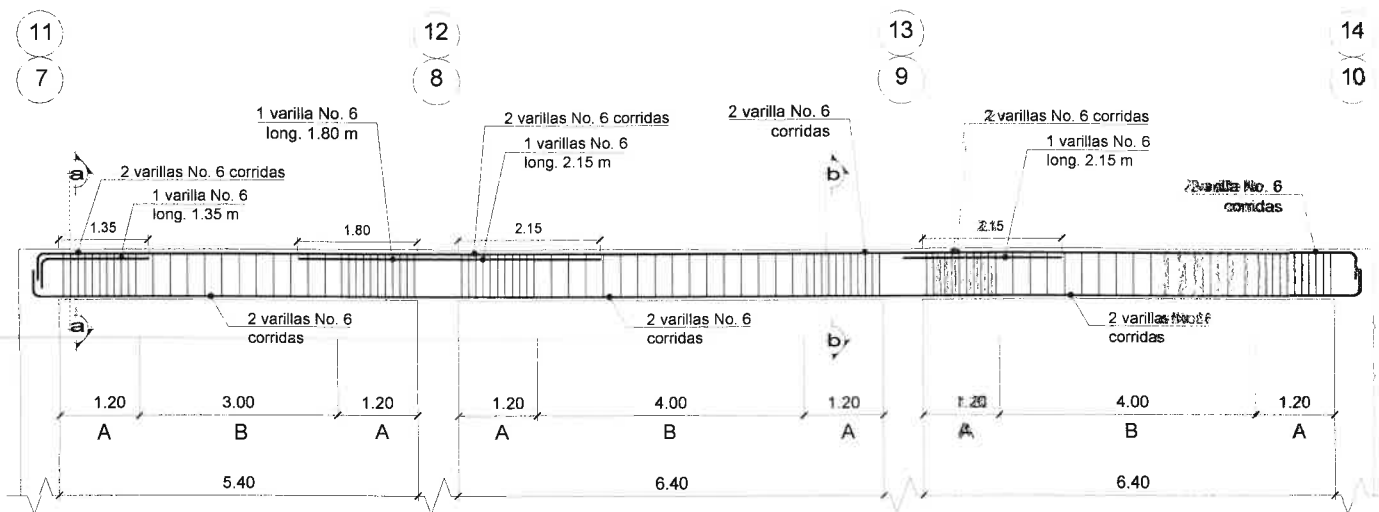


SECCIÓN a-a
VIGA B-4
ESCALA 1/50

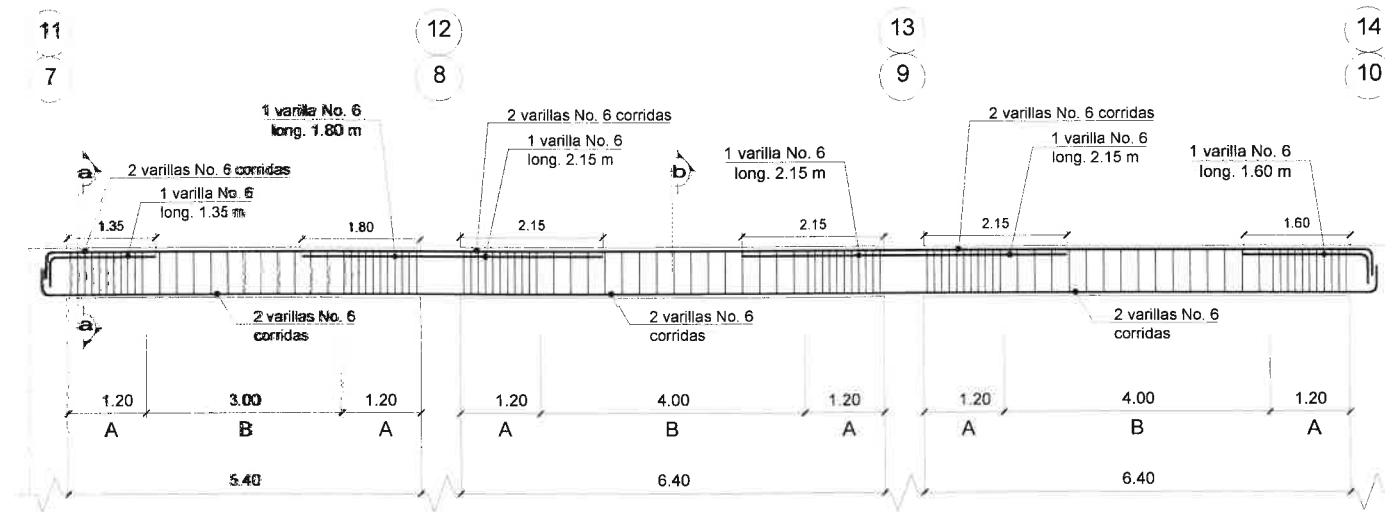


SECCIÓN b
VIGA B-4
ESCALA 1/50

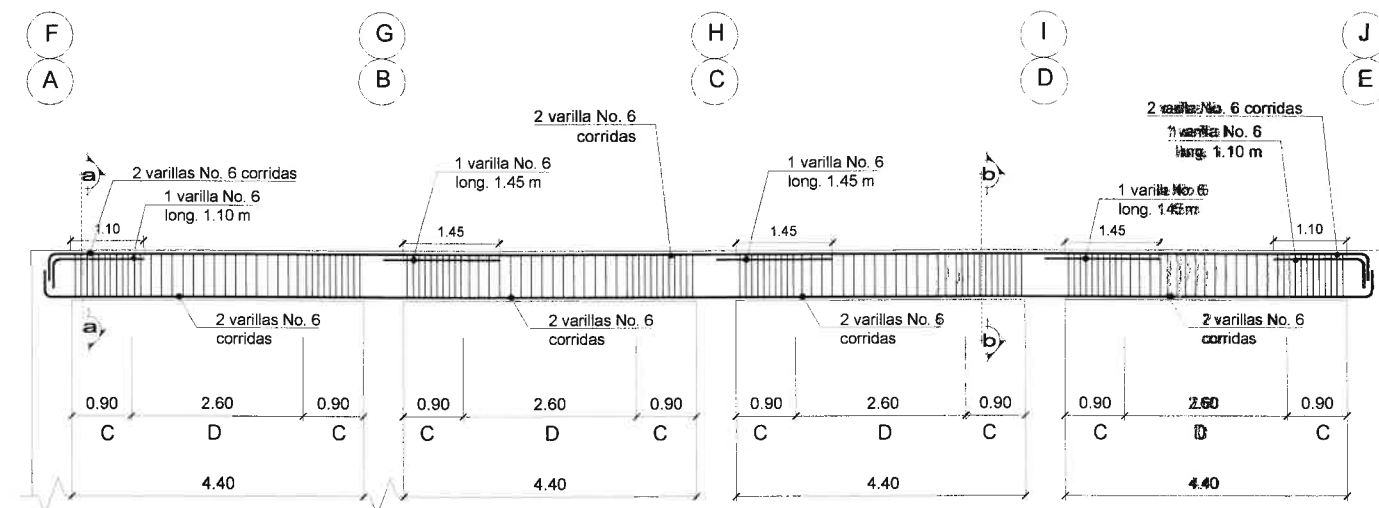
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO		
CONTENIDO: ELEVACIÓN Y SECCIÓN VIGA A-7, VIGA A-8, VIGA B-4		A E I
DISEÑO: LUIS CAR	ESCALAS: INDICADA	11
CÁLCULO: LUIS CAR	FIRMA	20



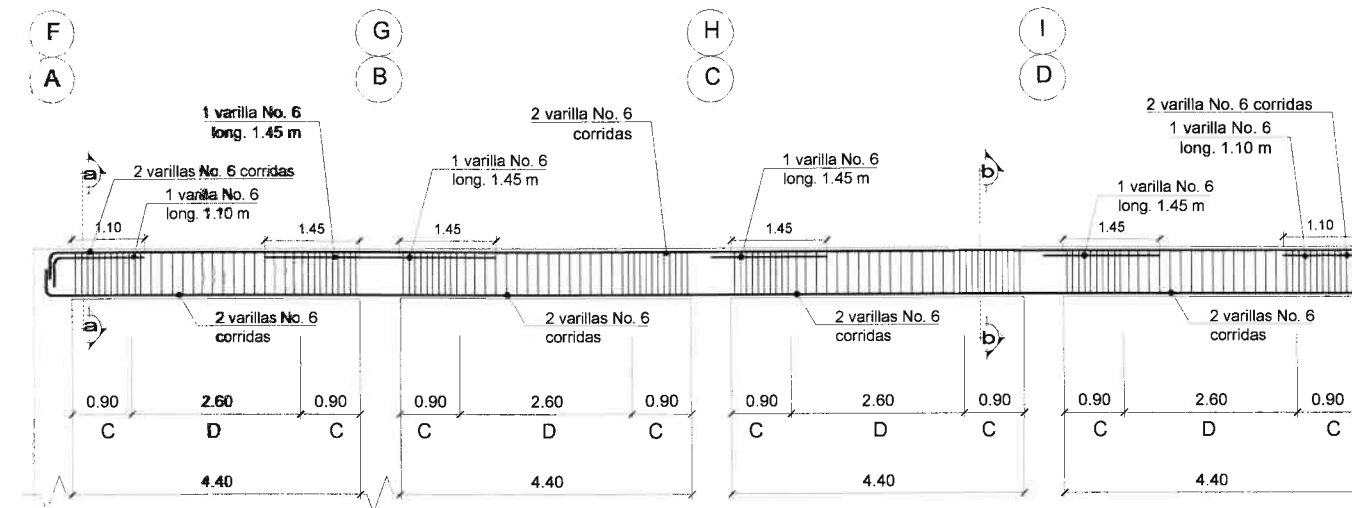
ELEVACIÓN VIGA B-5
MÓDULO B - NIVEL 2
ESCALA 1:125



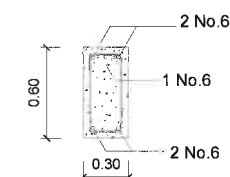
ELEVACIÓN VIGA B-6
MÓDULO B - NIVEL 2
ESCALA 1:125



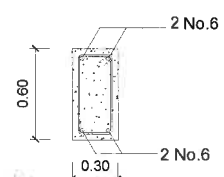
ELEVACIÓN VIGA B-7
MÓDULO B - NIVEL 2
ESCALA 1:125



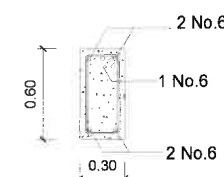
ELEVACIÓN VIGA B-8
MÓDULO B - NIVEL 2
ESCALA 1:125



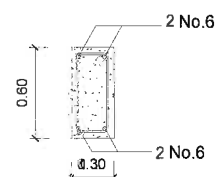
SECCIÓN a-a
VIGA B-5
ESCALA 1/50



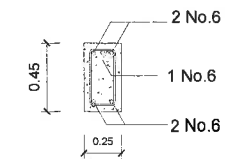
SECCIÓN b
VIGA B-5
ESCALA 1/50



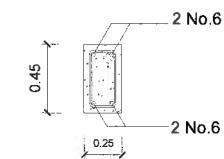
SECCIÓN a-a
VIGA B-6
ESCALA 1/50



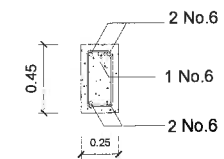
SECCIÓN b
VIGA B-6
ESCALA 1/50



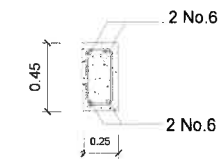
SECCIÓN a-a
VIGA B-7
ESCALA 1/50



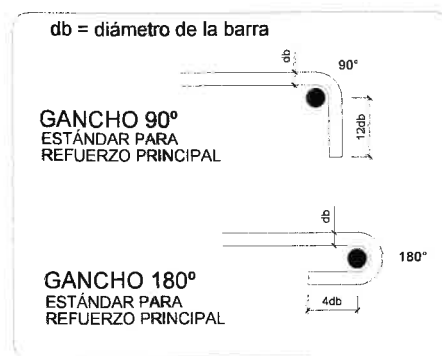
SECCIÓN b
VIGA B-7
ESCALA 1/50




SECCIÓN a-a
VIGA B-8
ESCALA 1/50

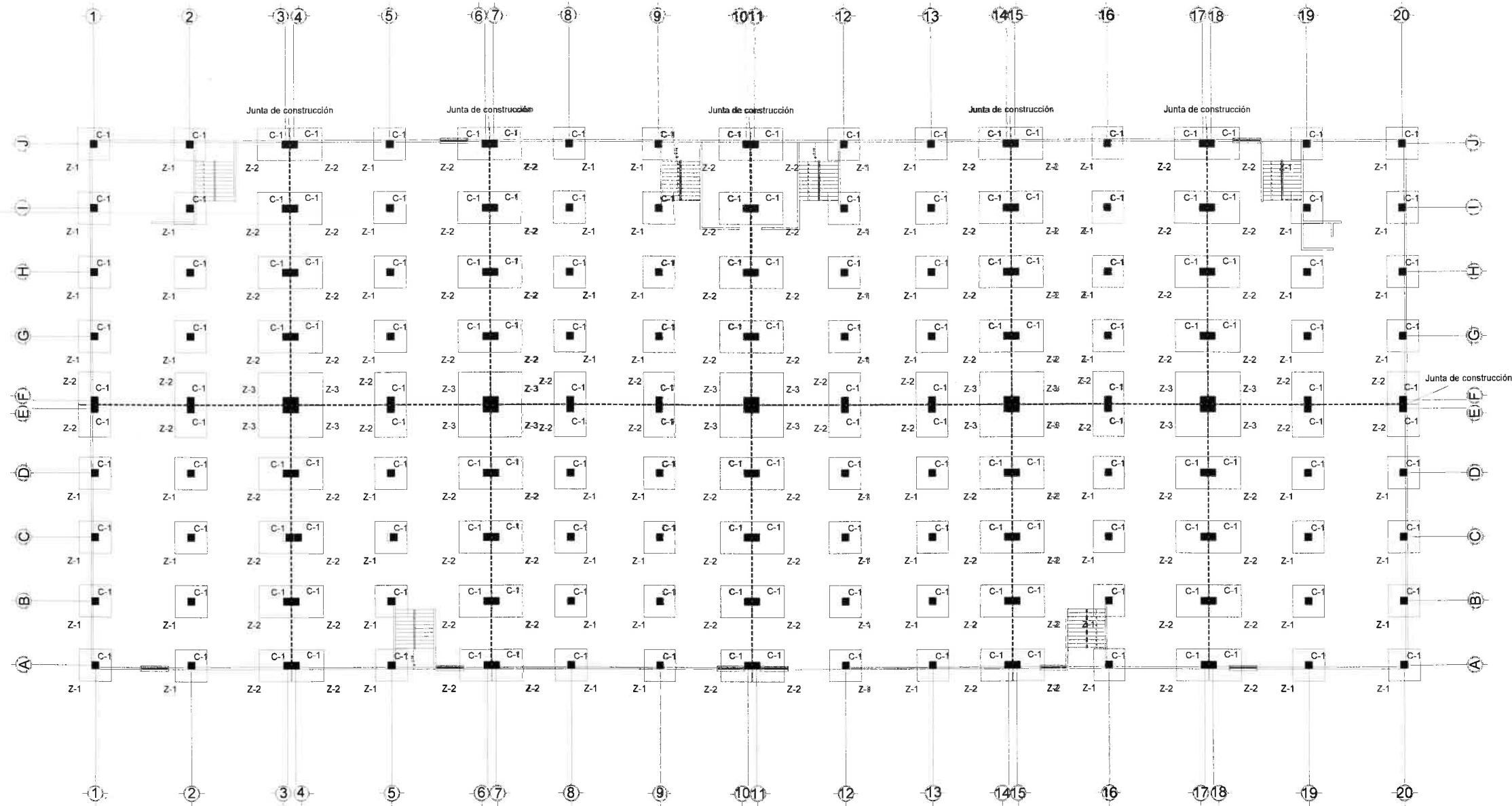


SECCIÓN b
VIGA B-8
ESCALA 1/50



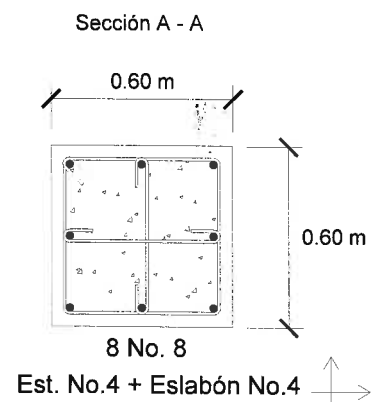
DETALLES GANCHOS DE BARRAS
SIN ESCALA

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMATENANGO	
CONTENIDO: ELEVACIÓN Y SECCIÓN VIGA B-5, VIGA B-7, VIGA B-8 DETALLES GANCHOS DE BARRA	A E I 12 20
DISEÑO: LUIS CAR	ESCALA: INDICADA
CÁLCULO: LUIS CAR	FIRMA

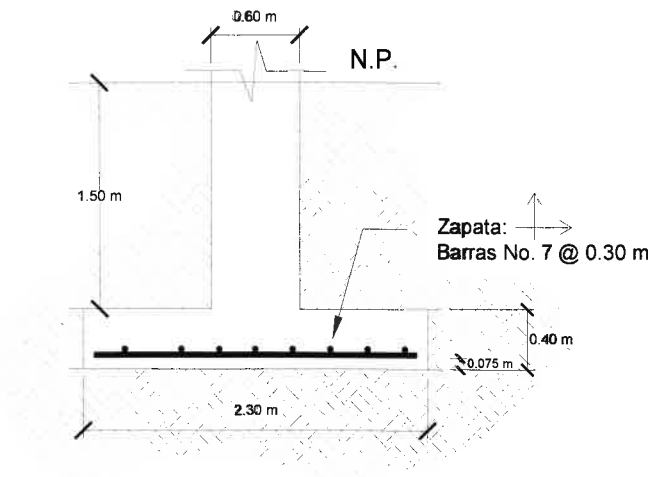


PLANTA DE CIMENTACIÓN PRIMER NIVEL
SIN ESCALA

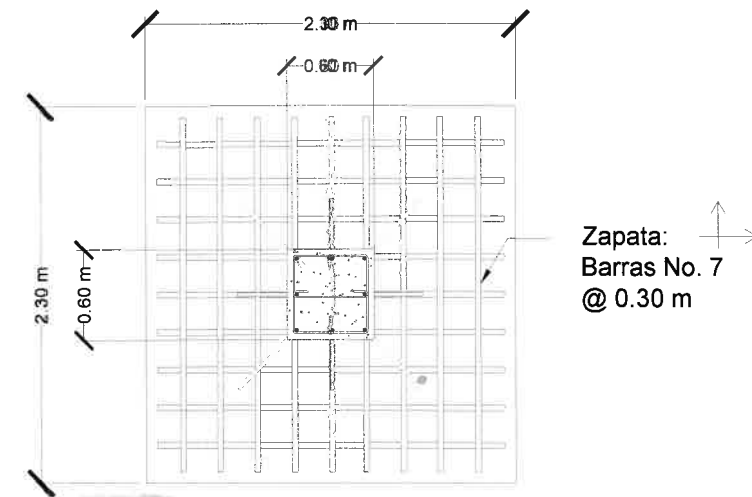
- ESPECIFICACIONES:**
- La resistencia del concreto debe ser $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (4000 psi), con agregado de 1".
 - El acero de refuerzo longitudinal y transversal debe ser de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (60,000 psi).
 - El recubrimiento para las zapatas debe ser 0.075 m, medidos a partir de la cara exterior.



SECCIÓN COLUMNA C-1
ESCALA: 1/25

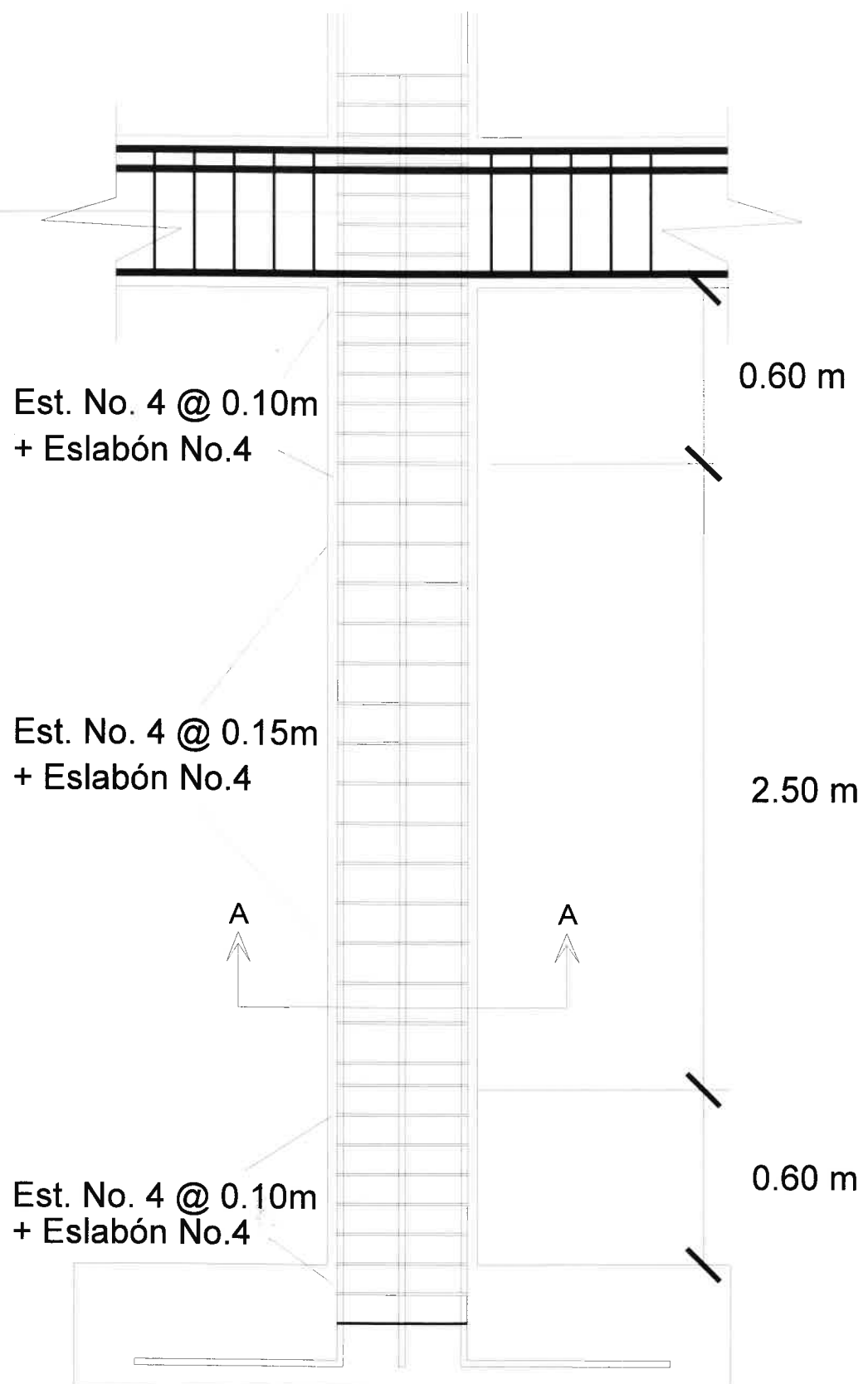


ELEVACIÓN ZAPATA Z-1
ESCALA: 1/50



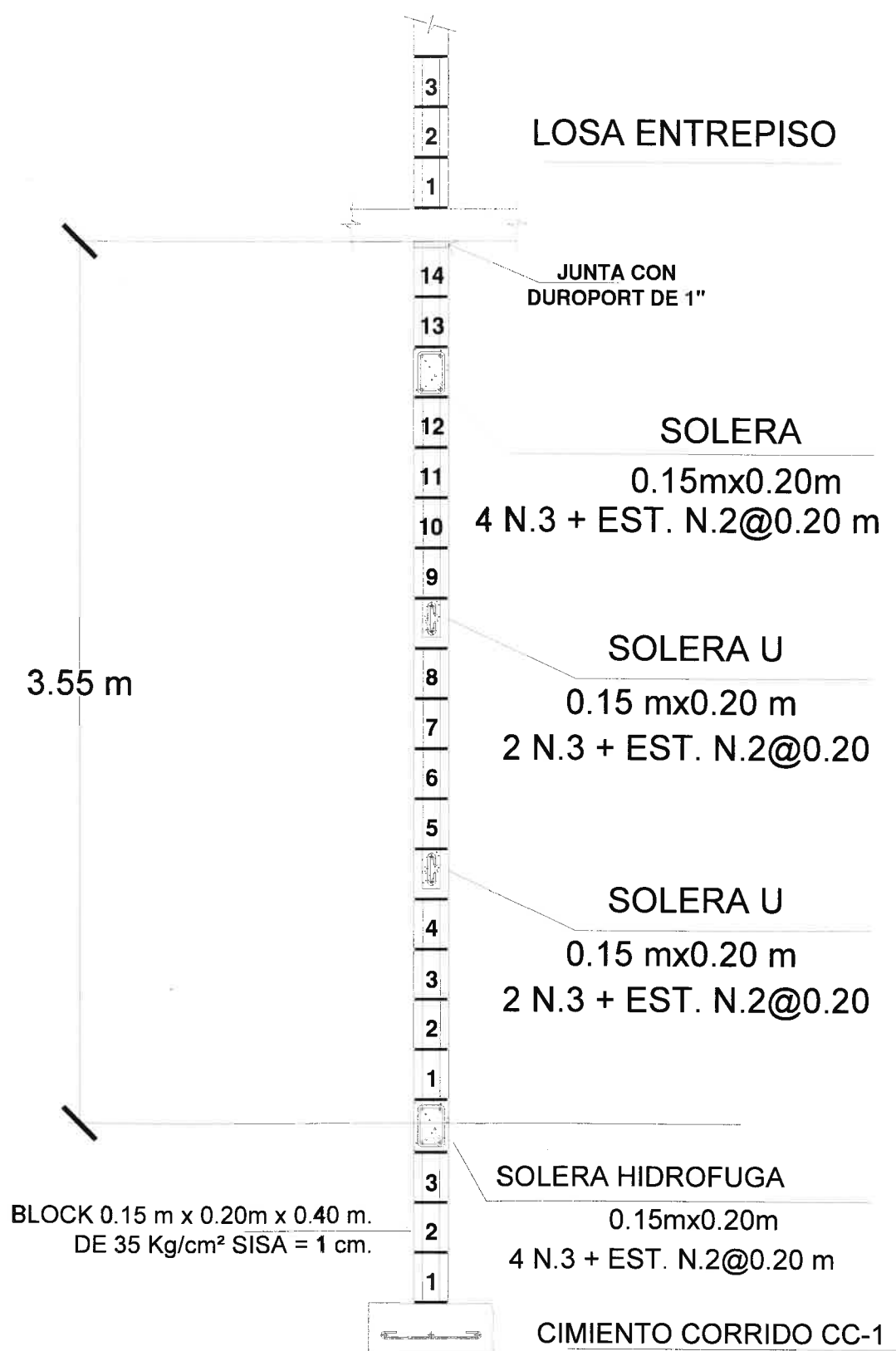
PLANTA ZAPATA Z-1
ESCALA: 1/50

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	
CONTENIDO: PLANTA DE CIMENTACIÓN COLUMNAS DEL PRIMER NIVEL		A E I
DISEÑO: LUIS CAR	ASesoría Técnica para la Escala INGENIERIA CIVIL Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS	INDICADA 13
CÁLCULO: LUIS CAR	FECHA Facultad de Ingeniería	FIRMA 20



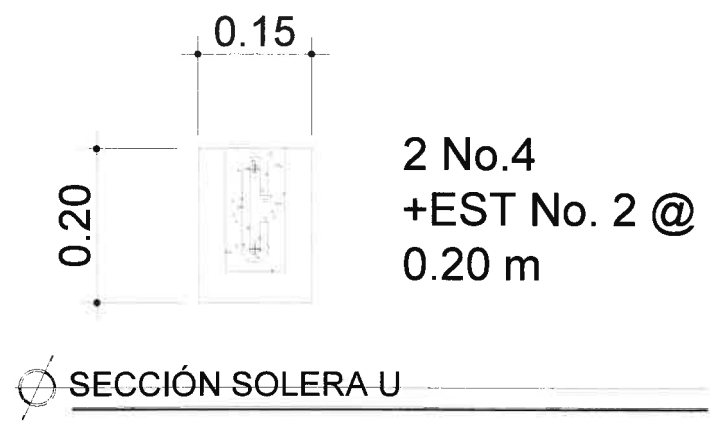
ELEVACIÓN COLUMNA C-1

ESCALA: 1/25



ELEVACIÓN MURO TÍPICO

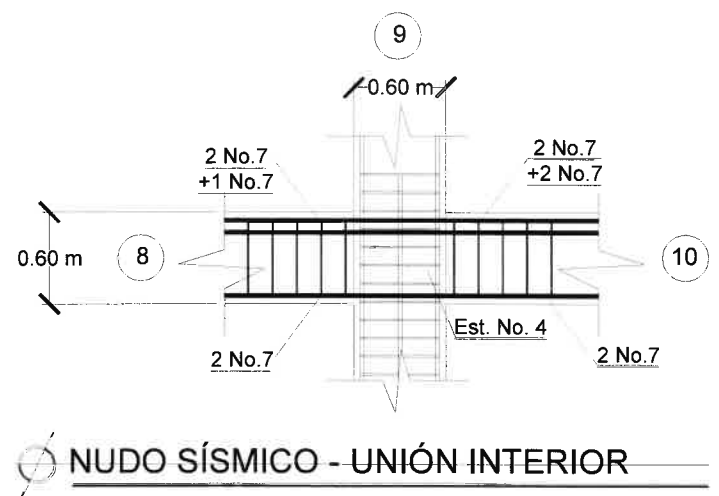
ESCALA: 1/25



SECCIÓN SOLERA U

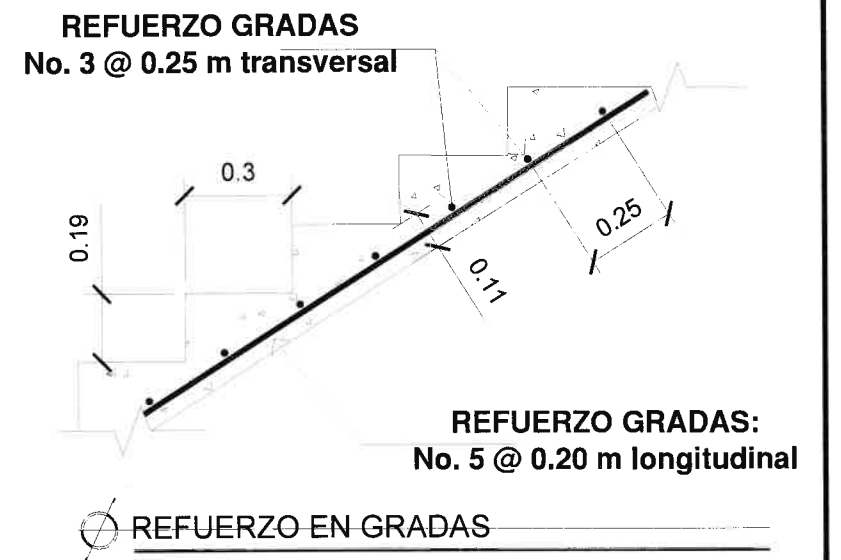
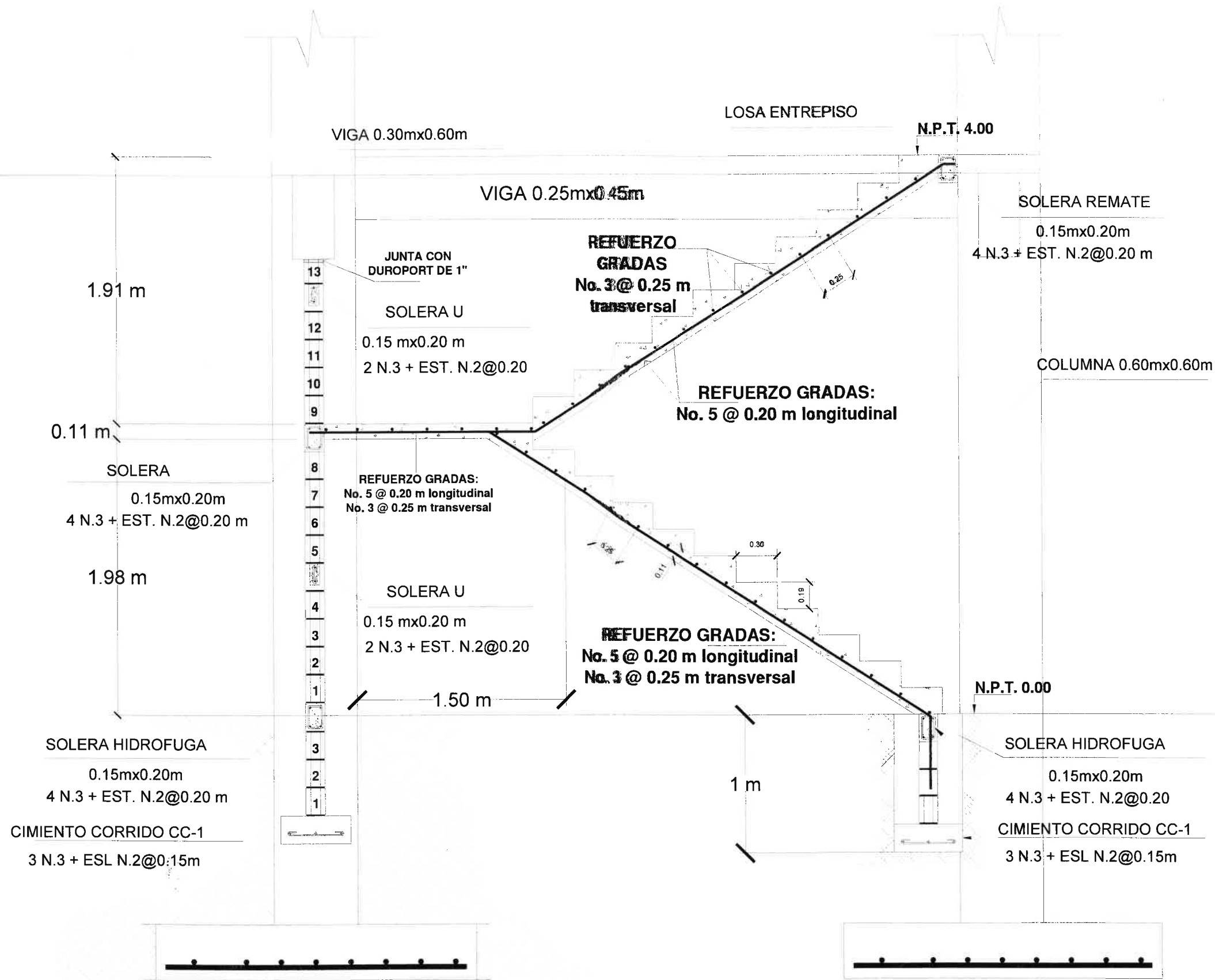


SECCIÓN SOLERA CORONA



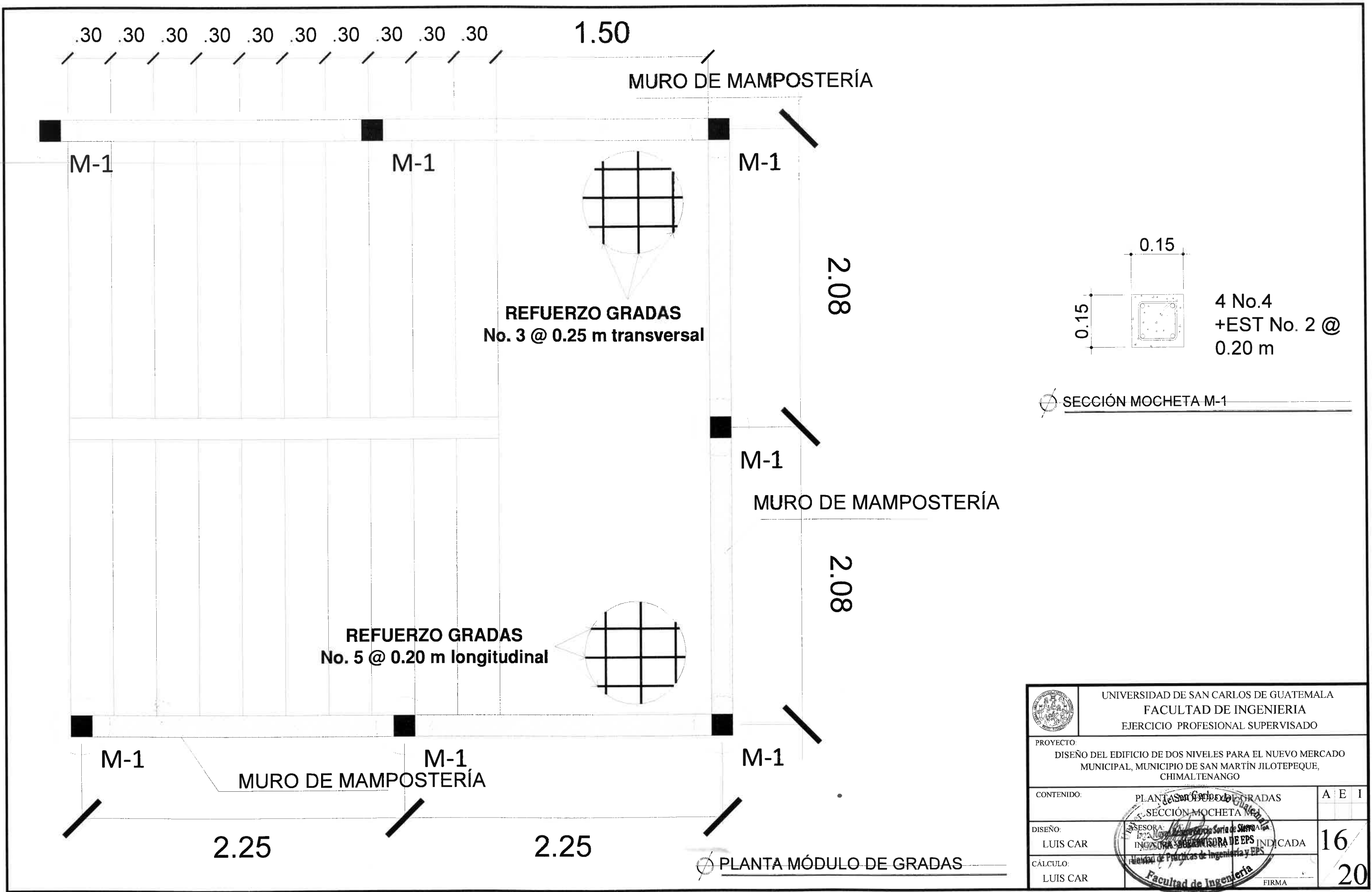
NUDO SÍSMICO - UNIÓN INTERIOR

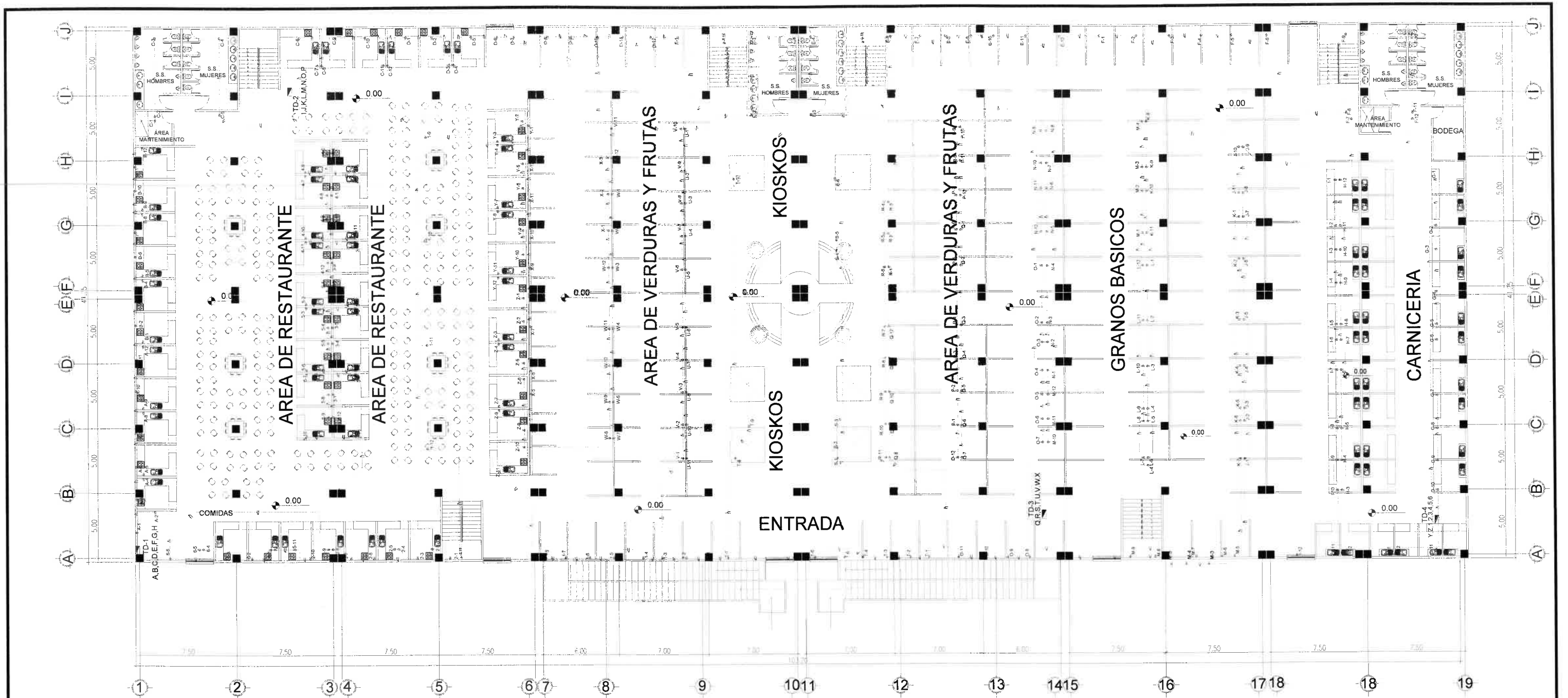
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO		
CONTENIDO: ELEVACIÓN C-1, ELEVACIÓN MURO TÍPICO, NUDO SÍSMICO	A	E	I
DISEÑO: LUIS CAR	ASISTENTE: INGENIERO EN INGENIERIA Y EPS Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS		14
CÁLCULO: LUIS CAR	FIRMA		20



ELEVACIÓN MÓDULO DE GRADAS

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	
CONTENIDO:	ELEVACIÓN MÓDULO DE GRADAS REFUERZO EN GRADAS	A E I
DISEÑO: LUIS CAR	ASESORA INGENIERA INGENIERA DE EPS	15
CÁLCULO: LUIS CAR	INGENIERA DE EPS INGENIERA DE EPS	20
FIRMA		





PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA - NIVEL 1


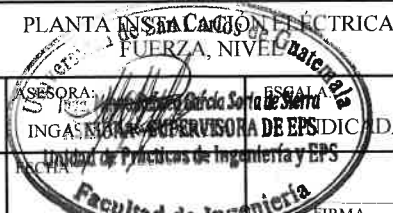
TABLERO TD-1					
CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTAJE	FLIP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
A	12	7060 W	220 v.	1x40	#8 THHN
B	12	7272 W	220 v.	1x40	#8 THHN
C	12	10898 W	220 v.	1x40	#6 THHN
D	12	6898 W	220 v.	1x40	#8 THHN
E	12	10000 W	220 v.	1x50	#8 THHN
F	12	8575 W	220 v.	1x40	#8 THHN
G	12	3600 W	220 v.	1x20	#12 THHN
H	12	3600 W	220 v.	1x20	#12 THHN

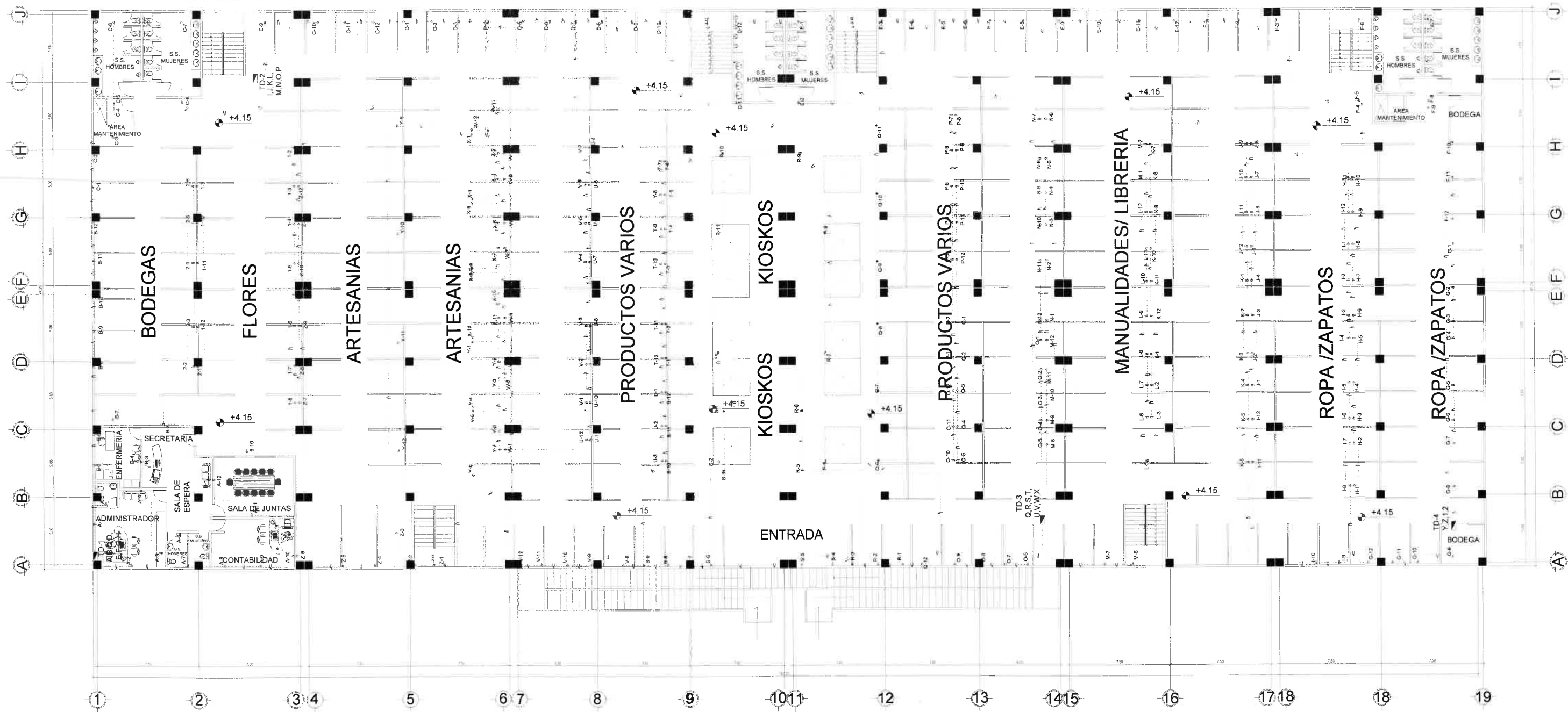
TABLERO TD-2					
CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
I	12	3600 W	220 V	1x20	#12 THHN
J	11	4400 W	220 V	1x20	#12 THHN
K	11	4400 W	220 V	1x20	#12 THHN
L	12	4800 W	220 V	1x30	#10 THHN
M	12	4800 W	220 V	1x30	#10 THHN
N	12	4800 W	220 V	1x30	#10 THHN
O	12	4800 W	220 V	1x30	#10 THHN
P	12	4800 W	220 V	1x30	#10 THHN

TABLERO TD-3					
CIRCUITO	POTENCIA/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
Q	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
R	11	825 W	220 V	1x20	#12 THHN
S	6	2400 W	220 V	1x20	#12 THHN
T	10	4000 W	220 V	1x20	#12 THHN
U	11	825 W	220 V	1x20	#12 THHN
V	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
W	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
X	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN

TABLERO TD-4					
CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
Y	12	6585 W	220 V	1x30	#10 THHN
Z	12	6822 W	220 V	1x40	#8 THHN
1	12	4800 W	220 V	1x30	#10 THHN
2	12	7272 W	220 V	1x40	#8 THHN
3	12	7272 W	220 V	1x40	#8 THHN
4	12	7272 W	220 V	1x40	#8 THHN
5	12	7272 W	220 V	1x40	#8 THHN
6	6	3274 W	220 V	1x20	#12 THHN

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TOMACORRIENTE DOBLE (h=0.30 m N.P.T.)
	TOMACORRIENTE DOBLE (h=0.1.30 m N.P.T.)
	ΦOLIDUCTO EN SUELO Ø 1"
	CONDUCTOR NEUTRO CALIBRE INDICADO
	CONDUCTOR POSITIVO CALIBRE INDICADO
	TABLERO DE DISBTRIBUCION h = 1.70 m.

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	
CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA, NIVEL 1	A E I
DISEÑO: LUIS CAR	 17
CÁLCULO: LUIS CAR	20



PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA - NIVEL 2

TABLERO TD-1					
CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALEBRE CONDUCTOR
A	12	4800 W	220 V	1x30	#10 THHN
B	12	2850 W	220 V	1x20	#12 THHN
C	12	6600 W	220 V	1x30	#10 THHN
D	12	3750 W	220 V	1x20	#12 THHN
E	12	3750 W	220 V	1x20	#12 THHN
F	12	7450 W	220 V	1x40	#8 THHN
G	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
H	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN

TABLERO TD-2					
CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALEBRE CONDUCTOR
I	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
J	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
K	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
L	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
M	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
N	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
O	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
P	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN

TABLERO TD-3					
CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALEBRE CONDUCTOR
Q	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
R	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
S	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
T	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
U	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
V	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
W	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
X	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN

TABLERO TD-4					
CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALEBRE CONDUCTOR
Y	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
Z	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
1	12	900 W	220 V	1x20	#12 THHN
2	6	450 W	220 V	1x20	#12 THHN

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TOMACORRIENTE DOBLE (h=0.30 m N.P.T.)
	TOMACORRIENTE DOBLE (h=0.1.30 m N.P.T.)
	POLIDUCTO EN SUELO Ø 1"
	CONDUCTOR NEUTRO CALIBRE INDICADO
	CONDUCTOR POSITIVO CALIBRE INDICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCION h = 1.70 m.

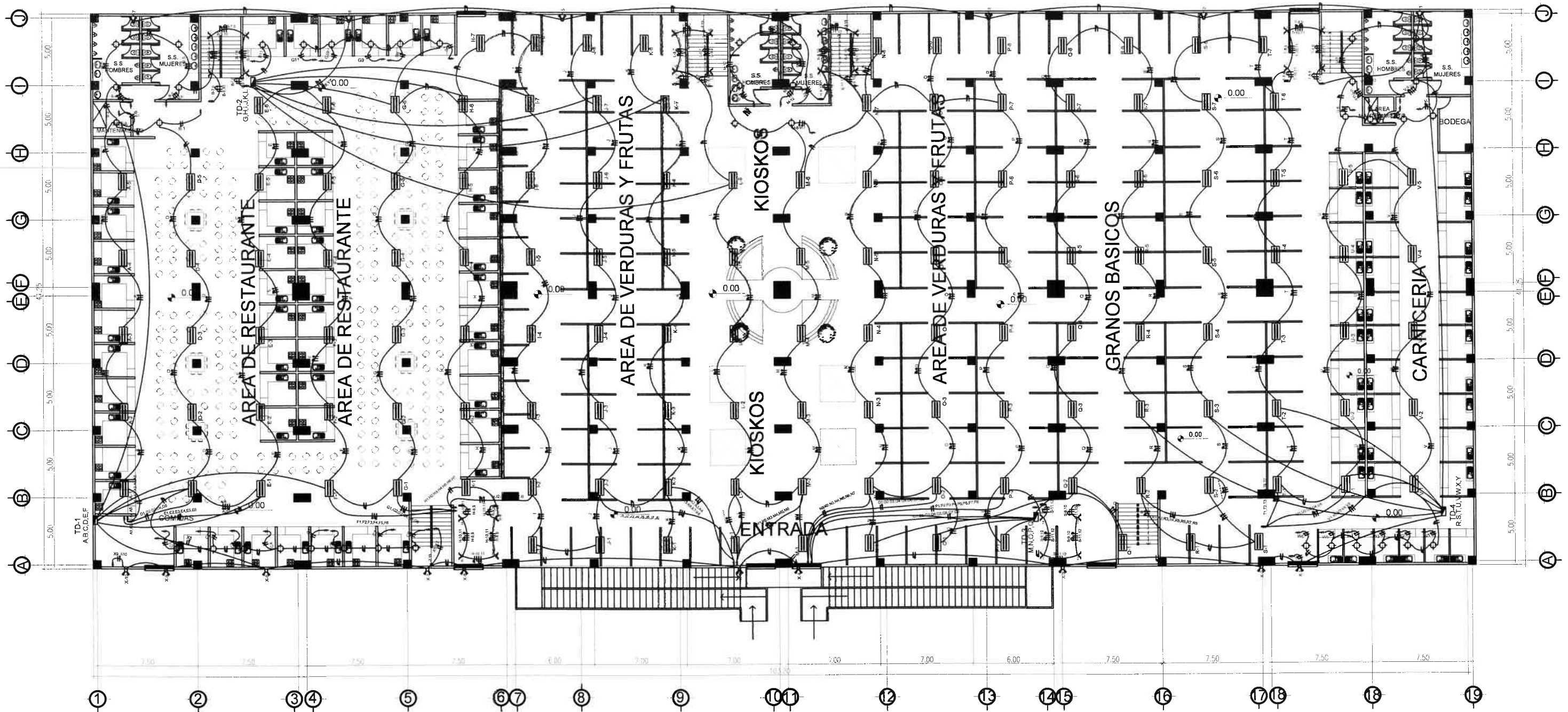
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO

CONTENIDO:

<p>PLAN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA, NIVEL 2</p> <p style="font-size: small;">ASESORA: [Nombre] [Apellido] [Escuela de Ingeniería y EPS] [Instituto de Prácticas de Ingeniería y EPS]</p>	A E I
<p>DISEÑO: LUIS CAR</p>	18
<p>CÁLCULO: LUIS CAR</p>	20

FIRMA



PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN - NIVEL 1

TABLERO TD-1					
CIRCUITO	UNIDADES EN CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
A	5	160 W	220 V	1x20	#12 THHN
B	11	415 W	220 V	1x20	#12 THHN
C	8	200 W	220 V	1x20	#12 THHN
D	5	160 W	220 V	1x20	#12 THHN
E	6	192 W	220 V	1x20	#12 THHN
F	6	192 W	220 V	1x20	#12 THHN

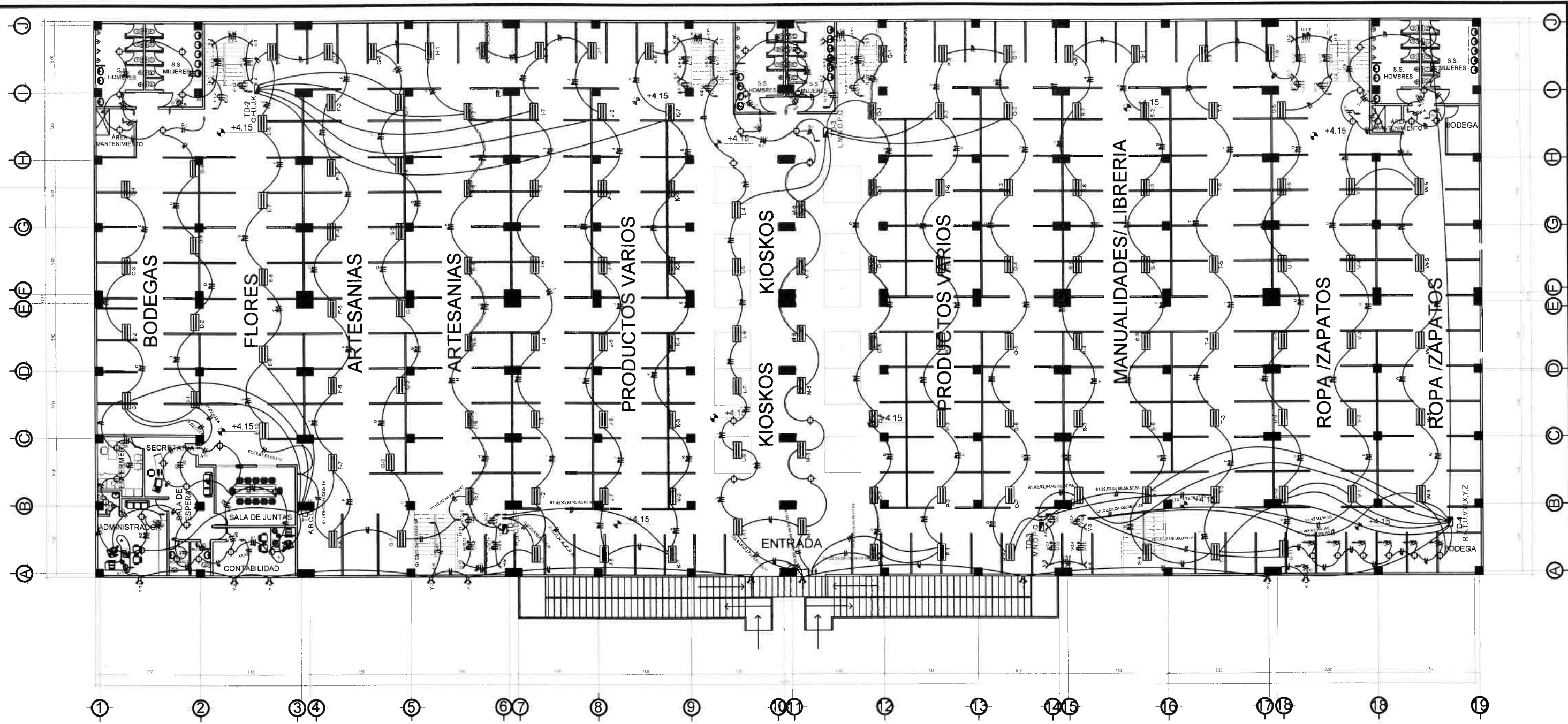
TABLERO TD-2					
CIRCUITO	UNIDADES EN CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
G	11	317 W	220 V	1x20	#12 THHN
H	11	464 W	220 V	1x20	#12 THHN
I	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
J	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
K	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
L	9	400 W	220 V	1x20	#12 THHN

TABLERO TD-3					
CIRCUITO	UNIDADES EN CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
M	12	342 W	220 V	1x20	#12 THHN
N	12	496 W	220 V	1x20	#12 THHN
O	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
P	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
Q	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN

TABLERO TD-4					
CIRCUITO	UNIDADES EN CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLIP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
R	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
S	12	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
T	11	464 W	220 V	1x20	#12 THHN
U	9	260 W	220 V	1x20	#12 THHN
V	9	260 W	220 V	1x20	#12 THHN
W	6	192 W	220 V	1x20	#12 THHN
X	10	280 W	220 V	1x20	#12 THHN
Y	7	196 W	220 V	1x20	#12 THHN

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	LAMPARA AHORRADORA DE 25 WATTS
	LAMPARA 2x32W T-8 COMERCIAL
	DUCTO PARED Y/O CIELO Ø 1"
	DUCTO PARED Y/O CIELO Ø 1"
	INTERRUPTOR SIMPLE (H=1.30 N.P.T)
	INTERRUPTOR DOBLE (H=1.30 N.P.T)
	CONDUCTOR NEUTRO CALIBRE INDICADO
	CONDUCTOR RETORNO CALIBRE INDICADO
	CONDUCTOR POSITIVO CALIBRE INDICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCION h = 1.70 m
	REFLECTOR DOBLE INTEMPERIE + 2 BOMBILLA LED 14W
	LAMPARA EN PARED 60W VIDRIO MEDIA LUNA

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
<p>PROYECTO: DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO</p>		
<p>CONTENIDO:</p> <p>PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN, NIVEL 1</p>	<p>A E I</p>	
<p>DISEÑO: LUIS CAR</p>	<p>INGENIERA SUPERVISORA DE EPS INDICADA</p>	<p>19</p>
<p>CÁLULO: LUIS CAR</p>	<p>FIRMA</p>	<p>20</p>



PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN - NIVEL 2

TABLERO TD-1

CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLUP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
A	10	250 W	220 V	1x20	#12 THHN
B	6	150 W	220 V	1x20	#12 THHN
C	4	128 W	220 V	1x20	#12 THHN
D	10	278 W	220 V	1x20	#12 THHN
E	10	432 W	220 V	1x20	#12 THHN
F	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN

TABLERO TD-2

CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLUP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
G	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
H	11	464 W	220 V	1x20	#12 THHN
I	9	288 W	220 V	1x20	#12 THHN
J	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
K	10	376 W	220 V	1x20	#12 THHN

TABLERO TD-3

CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLUP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
L	11	387 W	220 V	1x20	#12 THHN
M	9	267 W	220 V	1x20	#12 THHN
N	10	390 W	220 V	1x20	#12 THHN
O	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
P	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
Q	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN

TABLERO TD-4

CIRCUITO	UNIDADES/CIRCUITO	CARGA EN CIRCUITO	VOLTIOS	FLUP-ON	CALIBRE CONDUCTOR
R	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
S	8	256 W	220 V	1x20	#12 THHN
T	9	288 W	220 V	1x20	#12 THHN
U	11	464 W	220 V	1x20	#12 THHN
V	9	280 W	220 V	1x20	#12 THHN
W	9	260 W	220 V	1x20	#12 THHN
X	6	150 W	220 V	1x20	#12 THHN
Y	10	280 W	220 V	1x20	#12 THHN

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LAMPARA AHORRADORA DE 25 WATTS
	LAMPARA 2x32W T-8 COMERCIAL
	DUCTO PARED Y/O CIELO Ø 1"
	DUCTO PARED Y/O CIELO Ø 1"
	INTERRUPTOR SIMPLE (H=1.30 N.P.T)
	INTERRUPTOR DOBLE (H=1.30 N.P.T)
	CONDUCTOR NEUTRO CALIBRE INDICADO
	CONDUCTOR RETORNO CALIBRE INDICADO
	CONDUCTOR POSITIVO CALIBRE INDICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCION h = 1.70 m
	REFLECTOR DOBLE INTemperie + 2 BOMBILLA LED 14W
	LAMPARA EN PARED 60W VIDRIO MEDIA LUNA

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

PROYECTO:
 DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, San Carlos de Guatemala

CONTENIDO:
 PLANTA INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN NIVEL 2

DISEÑO:
 LUIS CAR

CÁLCULO:
 LUIS CAR

FECHA: _____

FIRMA: _____

Grading: A E I

Scale: 20

Scale: 20

Apéndice 4. Matriz de evaluación de impacto ambiental Leopold modificado para el mercado municipal

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL/LEOPOLD MODIFICADO/ EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL NUEVO MERCADO MUNICIPAL

Factores ambientales	Medio	Físico		ACTIVIDADES	M I												SUMA DE LOS IMPACTOS	IMPACTO POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR MEDIO	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO	VALORACIÓN DEL IMPACTO	CARÁCTER	PERTURBACIÓN	IMPORTANCIA	OCURENCIA	EXTENSIÓN	DURACIÓN	REVERSIBILIDAD	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO																															
					1		2		3		4		5		6															7		8		9		10		11		12																				
					M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I														M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I																			
Factores ambientales	Medio	Físico	Aire	MATERIAL PARTICULADO	A	-1	2	-2	-4	3	12	-7	5	35	-5	3	15	-4	3	12	-5	4	20	-7	4	28	-2	2	-4	-1	1	-1	-1	1	-1	-5	5	25	-5	3	15	170	-333	-13	-1	3	3	2	1	1	3	Moderado								
				RUIDO	B	-1	2	-2	-3	3	-9	-9	5	45	-5	3	15	-3	3	-9	-5	4	20	-8	4	32	-2	2	-4	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-5	3	15	-5	2	10	163															
	Suelo	EROSION	C	-1	2	-2	-2	2	-4	-8	4	32	-2	2	-4	-4	3	12	-6	4	24	-8	5	40	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-2	2	-4	-4	2	-8	133	-693	-16	-1	3	3	3	1	3	3	Severo							
		INESTABILIDAD	D	-1	2	-2	-4	3	12	-9	5	45	-2	2	-4	-5	3	15	-6	4	24	-6	5	30	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-4	2	-8	144														
		SEDIMENTACION	E	-1	1	-1	-3	3	-9	-7	3	21	-2	2	-4	-4	3	12	-5	3	15	-6	5	30	-1	1	-1	-2	1	-2	-1	1	-1	-1	1	-1	-3	1	-3	-5	2	10	109																	
		COMPACTACION	F	-1	1	-1	-3	3	-9	-9	3	27	-2	2	-4	-5	3	15	-6	5	30	-7	4	28	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-5	3	15	133											
		REMOSION DE TIERRA	G	-2	2	-4	-6	4	24	-8	3	24	-4	2	-8	-4	3	12	-8	6	48	-6	5	30	-2	1	-2	-2	1	-2	-2	1	-2	-2	1	-2	-2	3	-6	-4	3	12	174																	
		INUNDACION	H	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	2	-2	-1	1	-1	-1	1	-1	-3	2	-6	-6	5	30	-1	1	-1	-2	1	-2	-1	1	-1	-1	1	-1	-2	3	-6	-3	2	-6	-58																	
		AGUA	CALIDAD DE AGUA	I	-1	1	-1	-3	5	15	-7	5	35	-1	1	-1	-1	3	-3	-5	4	20	-6	5	30	-6	5	30	-6	5	30	-8	7	56	-1	1	-1	-1	1	-1	-5	3	15	-4	3	12	219	-700	-15	-1	3	3	2	2	2	2	3	Moderado		
	REGIMEN PLUVIAL	J	-1	3	-3	-3	4	12	-8	5	40	-1	3	-3	-1	3	-3	-3	4	12	-8	5	40	-2	2	-4	-2	2	-4	-2	2	-4	-2	2	-4	-2	2	-4	-4	3	12	141																		
	VARIACION DEL FLUJO	K	-1	3	-3	-1	3	-3	-8	5	40	-1	3	-3	-1	3	-3	-3	4	12	-7	5	35	-2	2	-4	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-3	3	-9	115															
	AGUA SUBTERRANEA	L	-1	1	-1	-1	1	-1	-8	5	40	-1	1	-1	-3	3	-9	-4	4	16	-8	7	56	-5	4	20	-4	3	12	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-3	3	-9	167															

Apéndice 5. Tablas del diseño de curvas horizontales del tramo carretero

Curva No.	1		
G=	17	Db=	12
R=	67,41	Ls=	35
V=	40	e=	9,1
		Sa	1,04

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 99,39	40kph G=17°			
	0 + 100				
TE	0 + 111,39		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 120		2,24	0,26	3% ^ 2,24%
PC	0 + 128,89		4,55	0,52	3% ^ 4,55%
	0 + 140		7,44	0,85	7,44% /
EC	0 + 146,39		9,1	1,04	9,1% /
	0 + 160		9,1	1,04	9,1% /
CE	0 + 163,16		9,1	1,04	9,1% /
	0 + 180		4,72	0,54	4,72% /
PT	0 + 180,66		4,55	0,52	3% ^ 4,55%
ET	0 + 198,16		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 200				
Db2	0 + 210,16				

Curva No.	3		
G=	4	Db=	12
R=	286,48	Ls=	22
V=	40	e=	3
		Sa	0,6

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 369,53	40kph G=4°			
	0 + 380				
TE	0 + 381,53		0	0,00	3% /— 0%
PC	0 + 392,53		1,5	0,30	3% ^ 1,5%
	0 + 400		2,52	0,50	3% ^ 2,52%
EC	0 + 403,53		3	0,60	3% /
	0 + 420		3	0,60	3% /
CE	0 + 438,55		3	0,60	3% /
	0 + 440		2,80	0,56	3% ^ 2,8%
PT	0 + 449,55		1,5	0,30	3% ^ 1,5%
	0 + 460		0,08	0,015	3% ^ 0,08%
ET	0 + 460,55		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 472,55				
Db2	0 + 472,55				

Curva No.	2		
G=	2	Db=	12
R=	572,96	Ls=	22
V=	40	e=	1,6
		Sa	0

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 303,53	40kph G=2°			
TE	0 + 315,53		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 320		0,33	0,00	3% ^ 0,33%
PC	0 + 326,53		0,8	0	3% ^ 0,8%
EC	0 + 337,53		1,6	0	1,6% /
	0 + 340		1,6	0	1,6% /
CE	0 + 359,91		1,6	0	1,6% /
	0 + 360		1,59	0,00	1,59% /
PT	0 + 370,91		0,8	0	3% ^ 0,8%
ET	0 + 381,91		0	0	3% /— 0%
	0 + 380				
Db2	0 + 393,91				

Curva No.	4		
G=	5	Db=	12
R=	229,167	Ls=	22
V=	40	e=	3,7
		Sa	0,6

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 451,21	40kph G=5°			
	0 + 460				
TE	0 + 463,21		0	0,00	3% /— 0%
PC	0 + 474,21		1,85	0,30	3% ^ 1,85%
	0 + 480		2,82	0,46	3% ^ 2,82%
EC	0 + 485,21		3,7	0,60	3,7% /
CE	0 + 499,11		3,7	0,60	3,7% /
	0 + 500		3,55	0,58	3% ^ 3,55%
PT	0 + 510,11		1,85	0,30	3% ^ 1,85%
	0 + 520		0,19	0,030	3% ^ 0,19%
ET	0 + 521,11		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 533,11				
Db2	0 + 533,11				

Continuación apéndice 5.

Curva No.	5		
G=	2	Db=	12
R=	572,96	Ls=	22
V=	40	e=	1,6
		Sa	0

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 524,1	40kph G=2°			
TE	0 + 536,1		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 540		0,28	0,00	3% / 0,28%
PC	0 + 547,10		0,8	0,00	3% / 0,8%
EC	0 + 558,1		1,6	0,00	1,6% /
	0 + 560		1,6	0,00	1,6% /
PT	0 + 560,13		0,8	0,00	3% / 0,8%
ET	0 + 571,13		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 580				
Db2	0 + 583,13				

Curva No.	7		
G=	9	Db=	12
R=	127,32	Ls=	24
V=	40	e=	6,1
		Sa	0,65

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 650,22	40kph G=9°			
	0 + 660				
TE	0 + 662,22		0	0,00	3% /— 0%
PC	0 + 674,22		3,05	0,33	3% / 3,05%
	0 + 680		4,52	0,48	3% / 4,52%
EC	0 + 686,22		6,1	0,65	6,1% /
PT	0 + 692,84		3,05	0,33	3% / 3,05%
	0 + 700		1,23	0,131	3% / 1,23%
ET	0 + 704,84		0	0,00	3% /— 0%
Db2	0 + 716,84				

Curva No.	6		
G=	4	Db=	12
R=	286,48	Ls=	22
V=	40	e=	3
		Sa	0,6

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 580,38	40kph G=4°			
TE	0 + 592,38		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 600		1,04	0,21	3% / 1,04%
PC	0 + 603,38		1,5	0,30	3% / 1,5%
EC	0 + 614,38		3	0,60	3% /
	0 + 620		3	0,75	3% /
	0 + 640		3	0,87	3% /
CE	0 + 649,94		3	0,60	3% /
	0 + 660		1,63	0,326	3% / 1,63%
PT	0 + 660,94		1,5	0,30	3% / 1,5%
ET	0 + 671,94	0	0,00	3% /— 0%	
Db2	0 + 683,94				

Curva No.	8		
G=	12	Db=	12
R=	95,49	Ls=	29
V=	40	e=	7,5
		Sa	0,8

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 712,71	40kph G=12°			
	0 + 720				
TE	0 + 724,71		0	0,00	3% /— 0%
PC	0 + 739,21		3,75	0,40	3% / 3,75%
	0 + 740		3,95	0,42	3% / 3,95%
EC	0 + 753,71		7,5	0,80	7,5% /
	0 + 760		4,30	0,458	3% / 4,3%
PT	0 + 762,12		3,75	0,40	3% / 3,75%
ET	0 + 776,62		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 780				
Db2	0 + 788,62				

Continuación apéndice 5.

Curva No.	9		
G=	8	Db=	12
R=	143,24	Ls=	22
V=	40	e=	5,5
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 752,64	40kph G=8°			
	0 + 760				
TE	0 + 764,64		0	0,00	3% /— 0%
PC	0 + 775,64		2,75	0,30	3% / 2,75%
	0 + 780		3,84	0,42	3% / 3,84%
EC	0 + 786,64		5,5	0,60	5,5% /
	0 + 800		5,5	0,60	5,5% /
	0 + 820		5,5	0,60	5,5% /
CE	0 + 822,31		5,5	0,60	5,5% /
PT	0 + 833,31		2,75	0,30	3% / 2,75%
	0 + 840		1,08	0,118	3% / 1,08%
ET	0 + 844,31		0	0,00	3% /— 0%
Db2	0 + 856,31				

Curva No.	11		
G=	5	Db=	12
R=	229,13	Ls=	22
V=	40	e=	3,7
		Sa	0,6

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 866,29	40kph G=5°			
	0 + 878,29		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 880		0,29	0,05	3% / 0,29%
PC	0 + 889,29		1,85	0,30	3% / 1,85%
	0 + 900		3,65	0,59	3% / 3,65%
EC	0 + 900,29		3,7	0,60	3,7% /
	0 + 920		3,7	0,60	3,7% /
CE	0 + 938,22		3,7	0,60	3,7% /
	0 + 940		3,40	0,551	3% / 3,4%
PT	0 + 949,22		1,85	0,30	3% / 1,85%
	0 + 960		0,04	0,006	3% / 0,04%
ET	0 + 960,22		0	0,00	3% /— 0%
Db2	0 + 972,22				

Curva No.	10		
G=	15	Db=	12
R=	76,39	Ls=	33
V=	40	e=	8,6
		Sa	0,95

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 817,17	40kph G=15°			
	0 + 820				
TE	0 + 829,17		0	0,00	3% /— 0%
PC	0 + 840		2,82	0,31	3% / 2,82%
	0 + 845,67		4,3	0,48	3% / 4,3%
EC	0 + 860		8,03	0,00	3% / 8,03%
	0 + 862,17		8,6	0,95	8,6% /
PT	0 + 865,62		4,3	0,48	3% / 4,3%
	0 + 880		0,55	0,061	3% / 0,55%
ET	0 + 882,12		0	0,00	3% /— 0%
Db2	0 + 894,12				

Curva No.	12		
G=	9	Db=	12
R=	127,32	Ls=	24
V=	40	e=	6,1
		Sa	0,65

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	0 + 937,14	40kph G=9°			
	0 + 940				
TE	0 + 949,14		0	0,00	3% /— 0%
PC	0 + 960		2,76	0,29	3% / 2,76%
	0 + 961,14		3,05	0,33	3% / 3,05%
EC	0 + 973,14		6,1	0,65	6,1% /
	0 + 980		6,1	0,65	6,1% /
CE	1 + 0,00		6,1	0,65	6,1% /
	1 + 12,57		6,1	0,65	6,1% /
PT	1 + 20,00		4,21	0,449	3% / 4,21%
	1 + 024,57		3,05	0,33	3% / 3,05%
ET	1 + 36,57		0	0,00	3% /— 0%
Db2	1 + 40,00				
	1 + 48,57				

Continuación apéndice 5.

Curva No.	13		
G=	11	Db=	12
R=	104,17	Ls=	27
V=	40	e=	7
		Sa	0,75

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 32,01	40kph G=11°			
	1 + 40				
TE	1 + 44,01		0	0,00	3% /— 0%
PC	1 + 057,51		3,5	0,38	3% ^ 3,5%
	1 + 60		4,15	0,44	3% ^ 4,15%
EC	1 + 71,01		7	0,75	7% /
	1 + 80		7	0,75	7% /
	1 + 100,00		7	0,75	7% /
CE	1 + 100,27		7	0,75	7% /
PT	1 + 113,77		3,5	0,38	3% ^ 3,5%
	1 + 120,00		1,88	0,202	3% ^ 1,88%
ET	1 + 127,27		0	0,00	3% /— 0%
Db2	1 + 139,27				

Curva No.	16		
G=	30	Db=	11
R=	38,2	Ls=	32
V=	30	e=	9
		Sa	1,47

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo	
Db1	1 + 182,58	30kph G=30°				
TE	1 + 193,58		0	0,00	3% /— 0%	
	1 + 200		1,81	0,29	3% ^ 1,81%	
PC	1 + 209,58		4,5	0,74	3% ^ 4,5%	
	1 + 220		7,43	1,21	3% ^ 7,43%	
EC	1 + 225,58		9	1,47	9% /	
PT	1 + 231,09		4,5	0,74	3% ^ 4,5%	
	1 + 240,00		1,99	0,326	3% ^ 1,99%	
ET	1 + 247,09		0	0,00	3% /— 0%	
Db2	1 + 258,09					

Curva No.	14		
G=	35	Db=	11
R=	32,74	Ls=	34
V=	30	e=	9,6
		Sa	1,67

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 85,77	30kph G=35°			
TE	1 + 96,77		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 100		0,91	0,16	3% ^ 0,91%
PC	1 + 113,77		4,8	0,84	3% ^ 4,8%
	1 + 120		6,56	1,14	3% ^ 6,56%
EC	1 + 130,77		9,6	1,67	9,6% /
	1 + 140		9,6	1,67	9,6% /
CE	1 + 140,68		9,6	1,67	9,6% /
PT	1 + 157,68		4,8	0,84	3% ^ 4,8%
	1 + 160,00		4,14	0,721	3% ^ 4,14%
ET	1 + 174,68		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 180,00				
Db2	1 + 185,68				

Curva No.	17		
G=	34	Db=	11
R=	33,7	Ls=	34
V=	30	e=	9,5
		Sa	1,63

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 215,56	30kph G=34°			
TE	1 + 226,56		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 240		3,76	0,64	3% ^ 3,76%
PC	1 + 243,56		4,75	0,82	3% ^ 4,75%
	1 + 260		9,34	1,60	3% ^ 9,34%
EC	1 + 260,56		9,5	1,63	9,5% /
CE	1 + 272,56		9,5	1,63	9,5% /
	1 + 280		5,59	0,959	3% ^ 5,59%
PT	1 + 289,56		4,75	0,82	3% ^ 4,75%
	1 + 300,00		1,83	0,314	3% ^ 1,83%
ET	1 + 306,56		0	0,00	3% /— 0%
Db2	1 + 317,56				

Continuación apéndice 5.

Curva No.	18		
G=	18	Db=	12
R=	63,66	Ls=	36
V=	40	e=	9,4
		Sa	1,09

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 321,96	40kph G=18°			
TE	1 + 333,96		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 340		1,58	0,18	3% \ 1,58%
PC	1 + 351,96		4,7	0,55	3% \ 4,7%
	1 + 360		6,80	0,79	3% \ 6,8%
EC	1 + 369,96		9,4	1,09	9,4% /
	1 + 380		5,22	0,606	3% \ 5,22%
PT	1 + 386,93		4,7	0,55	3% \ 4,7%
	1 + 400,00		1,29	0,149	3% \ 1,29%
ET	1 + 404,93		0	0,00	3% /— 0%
Db2	1 + 416,93				

Curva No.	20		
G=	30	Db=	11
R=	38,2	Ls=	32
V=	30	e=	9
		Sa	1,47

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 443,86	30kph G=30°			
TE	1 + 454,86		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 460		1,45	0,24	3% \ 1,45%
PC	1 + 470,86		4,5	0,74	3% \ 4,5%
	1 + 480		7,07	1,15	3% \ 7,07%
EC	1 + 486,86		9	1,47	9% /
PT	1 + 497,40		4,5	0,74	3% \ 4,5%
	1 + 500,00		3,77	0,616	3% \ 3,77%
ET	1 + 513,4		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 520,00				
Db2	1 + 524,4				

Curva No.	19		
G=	26	Db=	11
R=	44,07	Ls=	30
V=	30	e=	8,3
		Sa	1,3

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 376,67	30kph G=26°			
	1 + 380				
TE	1 + 387,67		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 400		3,41	0,53	3% \ 3,41%
PC	1 + 402,67		4,15	0,65	3% \ 4,15%
EC	1 + 417,67		8,3	1,30	8,3% /
	1 + 420		8,3	1,30	8,3% /
CE	1 + 419,56		8,3	1,30	8,3% /
PT	1 + 434,56		4,15	0,65	3% \ 4,15%
	1 + 440,00		2,64	0,414	3% \ 2,64%
ET	1 + 449,56		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 460,00				
Db2	1 + 460,56				

Curva No.	21		
G=	38	Db=	11
R=	30,16	Ls=	35
V=	30	e=	9,8
		Sa	1,79

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 513,31	30kph G=38°			
	1 + 520				
TE	1 + 524,31		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 540		4,39	0,80	3% \ 4,39%
PC	1 + 541,81		4,9	0,90	3% \ 4,9%
EC	1 + 559,31		9,8	1,79	9,8% /
	1 + 560		9,50	1,74	9,5% /
PT	1 + 576,44		4,9	0,90	3% \ 4,9%
	1 + 580,00		3,90	0,713	3% \ 3,9%
ET	1 + 593,94		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 600,00				
Db2	1 + 604,94				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	22		
G=	35	Db=	11
R=	32,74	Ls=	34
V=	30	e=	9,6
		Sa	1,67

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 572,52	30kph G=35°			
	1 + 580				
TE	1 + 583,52		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 600		4,65	0,81	3% ^ 4,65%
PC	1 + 600,52		4,8	0,84	3% ^ 4,8%
	EC		1 + 617,52	9,6	1,67	9,6% /
1 + 620			9,6	1,67	9,6% /
1 + 640,00	9,6		1,67	9,6% /	
CE	1 + 650,27		9,6	1,67	9,6% /
	1 + 660,00		6,85	1,192	3% ^ 6,85%
PT	1 + 667,27		4,8	0,84	3% ^ 4,8%
	1 + 680,00		1,21	0,210	3% ^ 1,21%
ET	1 + 684,27		0	0,00	3% /— 0%
Db2	1 + 695,27				

Curva No,	25		
G=	15	Db=	12
R=	76,39	Ls=	33
V=	40	e=	8,6
		Sa	0,95

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 821,65	40kph G=15°			
TE	1 + 833,65		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 840		1,65	0,18	3% ^ 1,65%
PC	1 + 850,15		4,3	0,48	3% ^ 4,3%
	1 + 860		6,87	0,76	3% ^ 6,87%
EC	1 + 866,65		8,6	0,95	8,6% /
CE	1 + 870,59		8,6	0,95	8,6% /
	1 + 880,00		6,15	0,679	3% ^ 6,15%
PT	1 + 887,09		4,3	0,48	3% ^ 4,3%
	1 + 900,00		0,94	0,103	3% ^ 0,94%
ET	1 + 903,59		0	0,00	3% /— 0%
Db2	1 + 915,59				

Curva No,	24		
G=	37	Db=	11
R=	30,97	Ls=	35
V=	30	e=	9,8
		Sa	1,75

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 751,96	30kph G=37°			
	1 + 760				
TE	1 + 762,96		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 780		4,77	0,85	3% ^ 4,77%
PC	1 + 780,46		4,9	0,88	3% ^ 4,9%
	EC		1 + 797,96	9,8	1,75	9,8% /
1 + 800			5,32	0,95	3% ^ 5,32%
PT	1 + 801,49		4,9	0,88	3% ^ 4,9%
ET	1 + 818,99		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 820,00				
Db2	1 + 829,99				

Curva No,	27		
G=	16	Db=	12
R=	71,62	Ls=	34
V=	40	e=	8,9
		Sa	0,99

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	1 + 955,52	40kph G=16°			
	1 + 960				
TE	1 + 967,52		0	0,00	3% /— 0%
	1 + 980		3,27	0,36	3% ^ 3,27%
PC	1 + 984,52		4,45	0,50	3% ^ 4,45%
	2 + 0		8,50	0,95	8,5% /
EC	2 + 1,52		8,9	0,99	8,9% /
CE	2 + 20,11		8,9	0,99	8,9% /
PT	2 + 037,11		4,45	0,50	3% ^ 4,45%
	2 + 40,00		3,69	0,411	3% ^ 3,69%
ET	2 + 54,11		0	0,00	3% /— 0%
Db2	2 + 66,11				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	28			
G=	20	Db=	12	
R=	57,3	Ls=	38	
V=	40	e=	9,7	
		Sa	1,18	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	2 + 40,47	40kph G=20°			
TE	2 + 52,47		0	0,00	3% /— 0%
	2 + 60		1,92	0,23	3% ^ 1,92%
PC	2 + 071,47		4,85	0,59	3% ^ 4,85%
	2 + 80		7,03	0,85	7,03% /
EC	2 + 90,47		9,7	1,18	9,7% /
	2 + 100		6,68	0,81	3% ^ 6,68%
PT	2 + 107,18		4,85	0,59	3% ^ 4,85%
	2 + 120,00		1,58	0,192	3% ^ 1,58%
ET	2 + 126,18		0	0,00	3% /— 0%
Db2	2 + 138,18				

Curva No,	30			
G=	8	Db=	12	
R=	148,613	Ls=	22	
V=	40	e=	5,5	
		Sa	0,6	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	2 + 272,65	40kph G=8°			
	2 + 280				
TE	2 + 284,65		0	0,00	3% /— 0%
PC	2 + 295,65		2,75	0,30	3% ^ 2,75%
	2 + 300		3,84	0,42	3% ^ 3,84%
EC	2 + 306,65		5,5	0,60	5,5% /
CE	2 + 389,94		5,5	0,60	5,5% /
PT	2 + 400,94		2,75	0,30	3% ^ 2,75%
ET	2 + 411,94		0	0,00	3% /— 0%
Db2	2 + 423,94				

Curva No,	29			
G=	14	Db=	12	
R=	81,85	Ls=	32	
V=	40	e=	8,2	
		Sa	0,9	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	2 + 101,8	40kph G=14°			
TE	2 + 113,8		0	0,00	3% /— 0%
	2 + 120		1,59	0,17	3% ^ 1,59%
PC	2 + 129,80		4,1	0,45	3% ^ 4,1%
	2 + 140		6,71	0,74	6,71% /
EC	2 + 145,8		8,2	0,90	8,2% /
CE	2 + 160,16		8,2	0,90	8,2% /
PT	2 + 176,16		4,1	0,45	3% ^ 4,1%
	2 + 180,00		3,12	0,342	3% ^ 3,12%
ET	2 + 192,16		0	0,00	3% /— 0%
Db2	2 + 204,16				

Curva No,	31			
G=	9	Db=	12	
R=	127,32	Ls=	24	
V=	40	e=	6,1	
		Sa	0,65	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	2 + 489,03	40kph G=9°			
	2 + 500				
TE	2 + 501,03		0	0,00	3% /— 0%
PC	2 + 513,03		3,05	0,33	3% ^ 3,05%
	2 + 520		4,82	0,51	3% ^ 4,82%
EC	2 + 525,03		6,1	0,65	6,1% /
PT	2 + 535,26		3,05	0,33	3% ^ 3,05%
	2 + 540		1,85	0,197	3% ^ 1,85%
ET	2 + 547,26		0	0,00	3% /— 0%
Db2	2 + 559,26				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	32		
G=	5	Db=	12
R=	229,18	Ls=	22
V=	40	e=	3,7
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	2 + 630,58	40kph G=5°			
	2 + 640				
TE	2 + 642,58		0	0,00	3% /— 0%
PC	2 + 653,58		1,85	0,30	3% / 1,85%
	2 + 660		2,93	0,48	3% / 2,93%
EC	2 + 664,58		3,7	0,60	3,7% /
	2 + 680		3,7	0,60	3,7% /
CE	2 + 686,46		3,7	0,60	3,7% /
PT	2 + 697,46		1,85	0,30	3% / 1,85%
	2 + 700		1,42	0,231	3% / 1,42%
ET	2 + 708,46		0	0,00	3% /— 0%
Db2	2 + 720,46				

Curva No,	34		
G=	7	Db=	12
R=	163,7	Ls=	22
V=	40	e=	5
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	2 + 885,95	40kph G=7°			
TE	2 + 897,95		0	0,00	3% /— 0%
	2 + 900		0,47	0,06	3% / 0,47%
PC	2 + 908,95		2,5	0,30	3% / 2,5%
EC	2 + 919,95		5	0,60	5% /
	2 + 920		5	0,60	5% /
CE	2 + 924,64		5	0,60	5% /
PT	2 + 935,64		2,5	0,30	3% / 2,5%
	2 + 940		1,51	0,181	3% / 1,51%
ET	2 + 946,64		0	0,00	3% /— 0%
Db2	2 + 958,64				

Curva No,	33		
G=	3	Db=	12
R=	381,97	Ls=	22
V=	40	e=	2,3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	2 + 778,38	40kph G=3°			
	2 + 780				
TE	2 + 790,38		0	0,00	3% /— 0%
PC	2 + 801,38		1,15	0,30	3% / 1,15%
	2 + 800		1,01	0,26	3% / 1,01%
EC	2 + 812,38		2,3	0,60	2,3% /
	2 + 820		2,3	0,60	2,3% /
CE	2 + 826,7		2,3	0,60	2,3% /
PT	2 + 837,70		1,15	0,30	3% / 1,15%
	2 + 840		0,91	0,237	3% / 0,91%
ET	2 + 848,7		0	0,00	3% /— 0%
Db2	2 + 860,7				

Curva No,	35		
G=	10	Db=	12
R=	114,59	Ls=	25
V=	40	e=	6,6
		Sa	0,7

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	2 + 995,28	40kph G=10°			
TE	3 + 7,28		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 019,78		3,3	0,35	3% / 3,3%
	3 + 20		3,36	0,36	3% / 3,36%
EC	3 + 32,28		6,6	0,70	6,6% /
CE	3 + 33,26		6,6	0,70	6,6% /
	3 + 40		4,82	0,511	3% / 4,82%
PT	3 + 045,76		3,3	0,35	3% / 3,3%
ET	3 + 58,26		0	0,00	3% /— 0%
	3 + 60				
Db2	3 + 70,26				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	36		
G=	4	Db=	12
R=	286,48	Ls=	22
V=	40	e=	3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 91,06	40kph G=4°			
	3 + 100				
TE	3 + 103,06		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 114,06		1,5	0,30	3% / 1,5%
	3 + 120		2,31	0,46	3% / 2,31%
EC	3 + 125,06		3	0,60	3% /
	3 + 140		3	0,60	3% /
	3 + 160		3	0,60	3% /
	3 + 180		3	0,60	3% /
	3 + 200		3	0,60	3% /
	3 + 220		3	0,60	3% /
CE	3 + 223,33		3	0,60	3% /
PT	3 + 234,33		1,5	0,30	3% / 1,5%
	3 + 240		0,73	0,145	3% / 0,73%
ET	3 + 245,33		0	0,00	3% /— 0%
Db2	3 + 257,33				

Curva No,	38		
G=	5	Db=	12
R=	229,18	Ls=	22
V=	40	e=	3,7
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 335,57	40kph G=5°			
	3 + 340				
TE	3 + 347,57		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 358,57		1,85	0,30	3% / 1,85%
	3 + 360		2,09	0,34	3% / 2,09%
EC	3 + 369,57		3,7	0,60	3,7% /
	3 + 380		3,7	0,60	3,7% /
CE	3 + 381,4		3,7	0,60	3,7% /
PT	3 + 392,40		1,85	0,30	3% / 1,85%
	3 + 400		0,57	0,093	3% / 0,57%
ET	3 + 403,4		0	0,00	3% /— 0%
Db2	3 + 415,4				

Curva No,	37		
G=	3	Db=	12
R=	381,97	Ls=	22
V=	40	e=	2,3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 289,33	40kph G=3°			
	3 + 300				
TE	3 + 301,33		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 312,33		1,15	0,30	3% / 1,15%
	3 + 320		1,95	0,51	3% / 1,95%
EC	3 + 323,33		2,3	0,60	2,3% /
	3 + 327,51		1,15	0,30	3% / 1,15%
ET	3 + 338,51		0	0,00	3% /— 0%
	3 + 340				
Db2	3 + 350,51				

Curva No,	39		
G=	24	Db=	12
R=	47,75	Ls=	39
V=	40	e=	10
		Sa	1,36

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 389,62	40kph G=24°			
	3 + 400				
TE	3 + 401,62		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 420		4,71	0,64	3% / 4,71%
	3 + 421,12		5	0,68	3% / 5%
EC	3 + 440		9,84	1,34	9,84% /
	3 + 440,62		10	1,36	10% /
PT	3 + 459,10		5	0,68	3% / 5%
	3 + 460		4,77	0,649	3% / 4,77%
ET	3 + 478,6		0	0,00	3% /— 0%
	3 + 480				
Db2	3 + 490,6				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	40			
G=	8	Db=	12	
R=	143,24	Ls=	22	
V=	40	e=	5,5	
		Sa	0,6	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 452,33	40kph G=8°			
	3 + 460				
TE	3 + 464,33		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 475,33		2,75	0,30	3% ^ 2,75%
	3 + 480		3,92	0,43	3% ^ 3,92%
EC	3 + 486,33		5,5	0,60	5,5% /
PT	3 + 491,87		2,75	0,30	3% ^ 2,75%
	3 + 500		0,72	0,078	3% ^ 0,72%
ET	3 + 502,87		0	0,00	3% /— 0%
Db2	3 + 514,87				

Curva No,	42			
G=	12	Db=	12	
R=	95,49	Ls=	29	
V=	40	e=	7,5	
		Sa	0,8	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 581,05	40kph G=12°			
	3 + 580				
TE	3 + 593,05		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 600		1,80	0,19	3% ^ 1,8%
	3 + 607,55		3,75	0,40	3% ^ 3,75%
EC	3 + 620		6,97	0,74	3% ^ 6,97%
	3 + 622,05		7,5	0,80	7,5% /
	3 + 640		7,5	0,8	7,5% /
	3 + 660		7,5	0,8	7,5% /
CE	3 + 673,7		7,5	0,80	7,5% /
	3 + 680		5,87	0,63	3% ^ 5,87%
PT	3 + 688,20		3,75	0,40	3% ^ 3,75%
	3 + 700		0,70	0,074	3% ^ 0,7%
ET	3 + 702,7		0	0,00	3% /— 0%
Db2	3 + 714,7				

Curva No,	41			
G=	4	Db=	12	
R=	286,48	Ls=	22	
V=	40	e=	3	
		Sa	0,6	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 512,35	40kph G=4°			
	3 + 520				
TE	3 + 524,35		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 535,35		1,5	0,30	3% ^ 1,5%
	3 + 540		2,13	0,43	3% ^ 2,13%
EC	3 + 546,35		3	0,60	3% /
CE	3 + 553,74		3	0,60	3% /
	3 + 560		2,15	0,43	3% ^ 2,15%
PT	3 + 564,74		1,5	0,30	3% ^ 1,5%
ET	3 + 575,74		0	0,00	3% /— 0%
	3 + 580				
Db2	3 + 587,74				

Curva No,	43			
G=	5	Db=	12	
R=	229,18	Ls=	22	
V=	40	e=	3,7	
		Sa	0,6	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 680,8	40kph G=5°			
TE	3 + 692,8		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 700		1,21	1,21	3% ^ 1,21%
	3 + 703,80		1,85	0,30	3% ^ 1,85%
EC	3 + 714,8		3,7	0,60	3,7% /
	3 + 720		3,7	0,60	3,7% /
CE	3 + 724,46		3,7	0,60	3,7% /
	3 + 735,46		1,85	0,30	3% ^ 1,85%
	3 + 740		1,09	0,176	3% ^ 1,09%
ET	3 + 746,46		0	0,00	3% /— 0%
Db2	3 + 758,46				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	44		
G=	8	Db=	12
R=	143,24	Ls=	22
V=	40	e=	5,5
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 755,84	40kph G=8°			
	3 + 760				
TE	3 + 767,84		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 778,84		2,75	0,30	3% / 2,75%
	3 + 780		3,04	0,33	3% / 3,04%
EC	3 + 789,84		5,5	0,60	5,5% /
	3 + 800		5,5	0,60	5,5% /
	3 + 820		5,5	0,60	5,5% /
CE	3 + 832,99		5,5	0,60	5,5% /
	3 + 840		3,75	0,41	3% / 3,75%
PT	3 + 843,99		2,75	0,30	3% / 2,75%
ET	3 + 854,99		0	0,00	3% /— 0%
	0 + 860				
Db2	3 + 866,99				

Curva No,	46		
G=	38	Db=	11
R=	30,16	Ls=	35
V=	30	e=	9,8
		Sa	1,79

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 929,75	30kph G=38°			
	3 + 940				
TE	3 + 940,75		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 958,25		4,9	0,90	3% / 4,9%
	3 + 960		5,39	0,98	3% / 5,39%
EC	3 + 975,75		9,8	1,79	9,8% /
	3 + 980		9,8	1,79	9,8% /
CE	3 + 986,09		9,8	1,79	9,8% /
	4 + 0		5,91	1,08	3% / 5,91%
PT	4 + 003,59		4,9	0,90	3% / 4,9%
	4 + 20		0,31	0,056	3% / 0,31%
ET	4 + 21,09		0	0,00	3% /— 0%
Db2	4 + 32,09				

Curva No,	45		
G=	14	Db=	12
R=	81,85	Ls=	32
V=	40	e=	8,2
		Sa	0,9

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 831,6	40kph G=14°			
	3 + 840				
TE	3 + 843,6		0	0,00	3% /— 0%
PC	3 + 859,60		4,1	0,45	3% / 4,1%
	3 + 860		4,20	0,46	3% / 4,2%
EC	3 + 875,6		8,2	0,90	8,2% /
	3 + 873,43		4,1	0,45	3% / 4,1%
ET	3 + 889,43		0	0,00	3% /— 0%
	3 + 880				
Db2	3 + 901,43				

Curva No,	47		
G=	11	Db=	12
R=	104,17	Ls=	27
V=	40	e=	7
		Sa	0,75

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	3 + 985,69	40kph G=11°			
TE	3 + 997,69		0	0,00	3% /— 0%
	3 + 1000		0,60	0,60	3% / 0,6%
PC	4 + 0		0,60	0,00	3% / 0,6%
	4 + 011,19		3,5	0,38	3% / 3,5%
EC	4 + 20		5,78	0,62	3% / 5,78%
	4 + 24,69		7	0,75	7% /
PT	4 + 031,76		3,5	0,38	3% / 3,5%
	4 + 40		1,36	0,146	3% / 1,36%
ET	4 + 45,26		0	0,00	3% /— 0%
Db2	4 + 57,26				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	48			
G=	30	Db=	11	
R=	38,2	Ls=	32	
V=	30	e=	9	
		Sa	1,47	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 24,88	30kph G=30°			
TE	4 + 35,88		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 40		1,16	1,16	3% ^ 1,16%
PC	4 + 051,88		4,5	0,74	3% ^ 4,5%
	4 + 60		6,78	1,11	3% ^ 6,78%
EC	4 + 67,88		9	1,47	9% /
	4 + 80		9	1,47	9% /
CE	4 + 86,74		9	1,47	9% /
	4 + 100		5,27	0,86	3% ^ 5,27%
PT	4 + 102,74		4,5	0,74	3% ^ 4,5%
ET	4 + 118,74		0	0,00	3% /— 0%
Db2	4 + 129,74				

Curva No,	51			
G=	36	Db=	11	
R=	31,83	Ls=	20	
V=	30	e=	9,7	
		Sa	1,71	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 143,47	30kph G=36°			
	4 + 140				
TE	4 + 154,47		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 160		2,68	0,47	3% ^ 2,68%
PC	4 + 164,47		4,85	0,86	3% ^ 4,85%
EC	4 + 174,47		9,7	1,71	9,7% /
CE	4 + 175,38		9,7	1,71	9,7% /
	4 + 180		7,46	1,31	7,46% /
PT	4 + 185,38		4,85	0,86	3% ^ 4,85%
ET	4 + 195,38		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 200				
Db2	4 + 206,38				

Curva No,	50			
G=	38	Db=	11	
R=	30,16	Ls=	10	
V=	30	e=	9,8	
		Sa	1,79	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 124,07	30kph G=38°			
	4 + 120				
TE	4 + 135,07		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 140		4,83	0,88	3% ^ 4,83%
PC	4 + 140,07		4,9	0,90	3% ^ 4,9%
EC	4 + 145,07		9,8	1,79	9,8% /
CE	4 + 145,35		9,8	1,79	9,8% /
PT	4 + 150,35		4,9	0,90	3% ^ 4,9%
ET	4 + 155,35		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 160				
Db2	4 + 166,35				

Curva No,	52			
G=	13	Db=	12	
R=	88,15	Ls=	18	
V=	40	e=	7,9	
		Sa	0,85	

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 184,32	40kph G=13°			
	4 + 180				
TE	4 + 196,32		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 200		1,62	0,17	3% ^ 1,62%
PC	4 + 205,32		3,95	0,43	3% ^ 3,95%
EC	4 + 214,32		7,9	0,85	7,9% /
CE	4 + 216,75		7,9	0,85	7,9% /
	4 + 220		6,47	0,70	6,47% /
PT	4 + 225,75		3,95	0,43	3% ^ 3,95%
ET	4 + 234,75		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 240				
Db2	4 + 246,75				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	53		
G=	28	Db=	11
R=	40,93	Ls=	17
V=	30	e=	8,7
		Sa	1,38

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 234,61	30kph G=28°			
	4 + 240				
TE	4 + 245,61		0	0,00	3% /— 0%
PC	4 + 254,11		4,35	0,69	3% ^ 4,35%
	4 + 260		7,36	1,17	3% ^ 7,36%
EC	4 + 262,61		8,7	1,38	8,7% /
CE	4 + 264,07		8,7	1,38	8,7% /
PT	4 + 272,57		4,35	0,69	3% ^ 4,35%
	4 + 280		0,55	0,087	3% ^ 0,55%
ET	4 + 281,07		0	0,00	3% /— 0%
Db2	4 + 292,07				

Curva No,	55		
G=	27	Db=	11
R=	42,44	Ls=	30
V=	30	e=	8,5
		Sa	1,34

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 311,42	30kph G=27°			
TE	4 + 322,42		0	0,00	3% /— 0%
PC	4 + 337,42		4,25	0,67	3% ^ 4,25%
	4 + 340		4,98	0,79	3% ^ 4,98%
EC	4 + 352,42		8,5	1,34	8,5% /
CE	4 + 353,8		8,5	1,34	8,5% /
	4 + 360		6,74	1,06	3% ^ 6,74%
PT	4 + 368,80		4,25	0,67	3% ^ 4,25%
	4 + 380		1,08	0,170	3% ^ 1,08%
ET	4 + 383,8		0	0,00	3% /— 0%
Db2	4 + 394,8				

Curva No,	54		
G=	26	Db=	11
R=	44,07	Ls=	19
V=	30	e=	8,3
		Sa	1,3

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 281,91	30kph G=26°			
TE	4 + 292,91		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 300		3,10	0,49	3% ^ 3,1%
PC	4 + 302,41		4,15	0,65	3% ^ 4,15%
EC	4 + 311,91		8,3	1,30	8,3% /
CE	4 + 312,5		8,3	1,30	8,3% /
	4 + 320		5,02	0,79	3% ^ 5,02%
PT	4 + 322,00		4,15	0,65	3% ^ 4,15%
ET	4 + 331,5		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 340				
Db2	4 + 342,5				

Curva No,	57		
G=	38	Db=	11
R=	30,16	Ls=	8
V=	30	e=	9,8
		Sa	1,79

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 433,61	30kph G=38°			
	4 + 440				
TE	4 + 444,61		0	0,00	3% /— 0%
PC	4 + 448,61		4,9	0,90	3% ^ 4,9%
EC	4 + 452,61		9,8	1,79	9,8% /
CE	4 + 453,01		9,8	1,79	9,8% /
PT	4 + 457,01		4,9	0,90	3% ^ 4,9%
	4 + 460		1,24	0,226	3% ^ 1,24%
ET	4 + 461,01		0	0,00	3% /— 0%
Db2	4 + 472,01				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	58		
G=	12	Db=	12
R=	95,43	Ls=	29
V=	40	e=	7,5
		Sa	0,8

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 460,62	40kph G=12°			
TE	4 + 472,62		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 480		1,91	0,20	3% ^ 1,91%
PC	4 + 487,12		3,75	0,40	3% ^ 3,75%
	4 + 500		5,17	0,00	3% ^ 5,17%
EC	4 + 501,62		7,5	0,80	7,5% /
	4 + 520		7,5	0,80	7,5% /
CE	4 + 525,91		7,5	0,80	7,5% /
	4 + 540		3,86	0,41	3% ^ 3,86%
PT	4 + 540,41		3,75	0,40	3% ^ 3,75%
ET	4 + 554,91		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 560				
Db2	4 + 566,91				

Curva No,	60		
G=	24	Db=	12
R=	47,75	Ls=	13
V=	40	e=	10
		Sa	1,36

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 610,14	40kph G=24°			
	4 + 620				
TE	4 + 622,14		0	0,00	3% /— 0%
PC	4 + 628,64		5	0,68	3% ^ 5%
EC	4 + 635,14		10	1,36	10% /
CE	4 + 637,08		10	1,36	10% /
	4 + 640		7,75	2,09	7,75% /
PT	4 + 643,58		5	0,68	3% ^ 5%
ET	4 + 650,08		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 660				
Db2	4 + 662,08				

Curva No,	59		
G=	21	Db=	12
R=	54,57	Ls=	28
V=	40	e=	9,8
		Sa	1,23

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 536,14	40kph G=21°			
	4 + 540				
TE	4 + 548,14		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 560		4,15	0,52	3% ^ 4,15%
PC	4 + 562,14		4,9	0,62	3% ^ 4,9%
EC	4 + 576,14		9,8	1,23	9,8% /
CE	4 + 578,86		9,8	1,23	9,8% /
	4 + 580		9,40	0,88	9,4% /
PT	4 + 592,86		4,9	0,62	3% ^ 4,9%
	4 + 600		2,40	0,301	3% ^ 2,4%
ET	4 + 606,86		0	0,00	3% /— 0%
Db2	4 + 618,86				

Curva No,	61		
G=	13	Db=	12
R=	88,15	Ls=	13
V=	40	e=	7,9
		Sa	0,85

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 690,41	40kph G=13°			
	4 + 700				
TE	4 + 702,41		0	0,00	3% /— 0%
PC	4 + 708,91		3,95	0,43	3% ^ 3,95%
EC	4 + 715,41		7,9	0,85	7,9% /
	4 + 720		7,9	0,85	7,9% /
CE	4 + 728,74		7,9	0,85	7,9% /
PT	4 + 735,24		3,95	0,43	3% ^ 3,95%
	4 + 740		1,06	0,114	3% ^ 1,06%
ET	4 + 741,74		0	0,00	3% /— 0%
Db2	4 + 753,74				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	62		
G=	24	Db=	12
R=	47,75	Ls=	39
V=	40	e=	10
		Sa	1,36

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 742,21	40kph G=24°			
TE	4 + 754,21		0	0,00	3% /— 0%
	4 + 760		1,48	0,20	3% / 1,48%
PC	4 + 773,71		5	0,68	3% / 5%
	4 + 780		6,61	0,90	3% / 6,61%
EC	4 + 793,21		10	1,36	10% /
	4 + 800		10	1,36	10% /
CE	4 + 807,11		10	1,36	10% /
	4 + 820		5,13	0,91	5,13% /
PT	4 + 826,61		5	0,68	3% / 5%
	4 + 840		1,57	0,213	3% / 1,57%
ET	4 + 846,11		0	0,00	3% /— 0%
Db2	4 + 858,11				

Curva No,	64		
G=	35	Db=	11
R=	32,74	Ls=	24
V=	30	e=	9,6
		Sa	1,67

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 990,98	30kph G=35°			
	5 + 0				
TE	5 + 1,98		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 013,98		4,8	0,84	3% / 4,8%
	5 + 20		7,21	1,25	3% / 7,21%
EC	5 + 25,98		9,6	1,67	9,6% /
CE	5 + 26,04		9,6	1,67	9,6% /
PT	5 + 038,04		4,8	0,84	3% / 4,8%
	5 + 40		4,02	0,699	3% / 4,02%
ET	5 + 50,04		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 60				
Db2	5 + 61,04				

Curva No,	63		
G=	9	Db=	12
R=	127,32	Ls=	24
V=	40	e=	6,1
		Sa	0,65

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	4 + 911,31	40kph G=9°			
	4 + 920				
TE	4 + 923,31		0	0,00	3% /— 0%
PC	4 + 935,31		3,05	0,33	3% / 3,05%
	4 + 940		4,24	0,45	3% / 4,24%
EC	4 + 947,31		6,1	0,65	6,1% /
	4 + 960		6,1	0,65	6,1% /
CE	4 + 975,59		6,1	0,65	6,1% /
	4 + 980		4,98	0,53	4,98% /
PT	4 + 987,59		3,05	0,33	3% / 3,05%
ET	4 + 999,59		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 0				
Db2	5 + 11,59				

Curva No,	65		
G=	18	Db=	12
R=	63,66	Ls=	36
V=	40	e=	9,4
		Sa	1,09

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 29,46	40kph G=18°			
	5 + 40				
TE	5 + 41,46		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 059,46		4,7	0,55	3% / 4,7%
	5 + 60		4,84	0,56	3% / 4,84%
EC	5 + 77,46		9,4	1,09	9,4% /
CE	5 + 78,95		9,4	1,09	9,4% /
	5 + 80		9,13	1,06	9,13% /
PT	5 + 096,95		4,7	0,55	3% / 4,7%
	5 + 100		1,73	0,000	3% / 1,73%
ET	5 + 114,95		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 120				
Db2	5 + 126,95				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	66		
G=	13	Db=	12
R=	88,15	Ls=	22
V=	40	e=	7,9
		Sa	0,85

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 168,57	40kph G=13°			
TE	5 + 180,57		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 191,57		3,95	0,43	3% ^ 3,95%
	5 + 200		6,98	0,75	3% ^ 6,98%
EC	5 + 202,57		7,9	0,85	7,9% /
CE	5 + 203,06		7,9	0,85	7,9% /
PT	5 + 214,06		3,95	0,43	3% ^ 3,95%
	5 + 220		0,54	0,196	3% ^ 0,54%
ET	5 + 225,06		0	0,00	3% /— 0%
Db2	5 + 237,06				

Curva No,	68		
G=	24	Db=	12
R=	47,75	Ls=	11
V=	40	e=	10
		Sa	1,36

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 282,63	40kph G=24°			
TE	5 + 294,63		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 300,13		5	0,68	3% ^ 5%
EC	5 + 305,63		10	1,36	10% /
CE	5 + 306,84		10	1,36	10% /
PT	5 + 312,34		5	0,68	3% ^ 5%
ET	5 + 317,84		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 320				
Db2	5 + 329,84				

Curva No,	67		
G=	9	Db=	12
R=	127,32	Ls=	11
V=	40	e=	6,1
		Sa	0,65

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 251,52	40kph G=9°			
	5 + 260				
TE	5 + 263,52		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 269,02		3,05	0,33	3% ^ 3,05%
EC	5 + 274,52		6,1	0,65	6,1% /
CE	5 + 275,02		6,1	0,65	6,1% /
	5 + 280		5,52	3,06	5,52% /
PT	5 + 280,52		3,05	0,33	3% ^ 3,05%
ET	5 + 286,02		0	0,00	3% /— 0%
Db2	5 + 298,02				

Curva No,	69		
G=	4	Db=	12
R=	286,48	Ls=	22
V=	40	e=	3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 318,27	40kph G=4°			
	5 + 320				
TE	5 + 330,27		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 340		1,33	0,27	3% ^ 1,33%
PC	5 + 341,27		1,5	0,30	3% ^ 1,5%
EC	5 + 352,27		3	0,60	3% /
CE	5 + 358,52		3	0,60	3% /
	5 + 360		2,80	0,56	2,8% /
PT	5 + 369,52		1,5	0,30	3% ^ 1,5%
	5 + 380		0,07	0,014	3% ^ 0,07%
ET	5 + 380,52	0	0,00	3% /— 0%	
Db2	5 + 392,52				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	74		
G=	21	Db=	12
R=	54,57	Ls=	16
V=	40	e=	9,8
		Sa	1,23

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 521,77	40kph G=21°			
TE	5 + 533,77		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 540		3,82	0,48	3% ^ 3,82%
PC	5 + 541,77		4,9	0,62	3% ^ 4,9%
EC	5 + 549,77		9,8	1,23	9,8% /
CE	5 + 551,31		9,8	1,23	9,8% /
PT	5 + 559,31		4,9	0,62	3% ^ 4,9%
	5 + 560		4,48	0,562	3% ^ 4,48%
ET	5 + 567,31		0	0,00	3% /— 0%
Db2	5 + 579,31				

Curva No,	76		
G=	28	Db=	11
R=	40,93	Ls=	12
V=	30	e=	8,7
		Sa	1,38

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 590,96	30kph G=28°			
	5 + 600				
TE	5 + 601,96		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 607,96		4,35	0,69	3% ^ 4,35%
EC	5 + 613,96		8,7	1,38	8,7% /
CE	5 + 615,24		8,7	1,38	8,7% /
	5 + 620		5,25	0,83	5,25% /
PT	5 + 621,24		4,35	0,69	3% ^ 4,35%
ET	5 + 627,24		0	0,00	3% /— 0%
Db2	5 + 638,24				

Curva No,	75		
G=	29	Db=	11
R=	39,51	Ls=	12
V=	30	e=	8,8
		Sa	1,42

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 559,64	30kph G=29°			
	5 + 560				
TE	5 + 570,64		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 576,64		4,4	0,71	3% ^ 4,4%
	5 + 580		6,86	1,11	3% ^ 6,86%
EC	5 + 582,64		8,8	1,42	8,8% /
CE	5 + 583,48		8,8	1,42	8,8% /
PT	5 + 589,48		4,4	0,71	3% ^ 4,4%
ET	5 + 595,48		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 600				
Db2	5 + 606,48				

Curva No,	77		
G=	8	Db=	12
R=	143,24	Ls=	8
V=	40	e=	5,5
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 630,39	40kph G=8°			
	5 + 640				
TE	5 + 642,39		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 646,39		2,75	0,30	3% ^ 2,75%
EC	5 + 650,39		5,5	0,60	5,5% /
CE	5 + 650,73		5,5	0,60	5,5% /
PT	5 + 654,73		2,75	0,30	3% ^ 2,75%
ET	5 + 658,73		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 660				
Db2	5 + 670,73				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	78		
G=	3	Db=	12
R=	381,97	Ls=	22
V=	40	e=	2,3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 700,97	40kph G=3°			
TE	5 + 712,97		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 720		0,73	0,19	3% / 0,73%
PC	5 + 723,97		1,15	0,30	3% / 1,15%
EC	5 + 734,97		2,3	0,60	2,3% /
	5 + 740		2,3	0,60	2,3% /
	5 + 760		2,3	0,60	2,3% /
	5 + 780		2,3	0,60	2,3% /
CE	5 + 787,26		2,3	0,60	2,3% /
PT	5 + 798,26		1,15	0,30	3% / 1,15%
	5 + 800		0,97	0,253	3% / 0,97%
ET	5 + 809,26		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 820				
Db2	5 + 821,26				

Curva No,	80		
G=	3	Db=	12
R=	381,97	Ls=	20
V=	40	e=	2,3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 909,63	40kph G=3°			
	5 + 920				
TE	5 + 921,63		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 931,63		1,15	0,30	3% / 1,15%
	5 + 940		2,11	0,55	3% / 2,11%
EC	5 + 941,63		2,3	0,60	2,3% /
CE	5 + 943,87		2,3	0,60	2,3% /
PT	5 + 953,87		1,15	0,30	3% / 1,15%
	5 + 960		0,45	0,116	3% / 0,45%
ET	5 + 963,87		0	0,00	3% /— 0%
Db2	5 + 975,87				

Curva No,	79		
G=	13	Db=	12
R=	88,15	Ls=	20
V=	40	e=	7,9
		Sa	0,85

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 812	40kph G=13°			
	5 + 820				
TE	5 + 824		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 834,00		3,95	0,43	3% / 3,95%
	5 + 840		6,32	0,68	3% / 6,32%
EC	5 + 844		7,9	0,85	7,9% /
CE	5 + 845,35		7,9	0,85	7,9% /
PT	5 + 855,35		3,95	0,43	3% / 3,95%
	5 + 860		2,11	0,227	3% / 2,11%
ET	5 + 865,35		0	0,00	3% /— 0%
Db2	5 + 877,35				

Curva No,	81		
G=	18	Db=	12
R=	63,66	Ls=	20
V=	40	e=	9,4
		Sa	1,09

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 977,32	40kph G=18°			
	5 + 980				
TE	5 + 989,32		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 999,32		4,7	0,55	3% / 4,7%
	6 + 0		5,02	0,58	3% / 5,02%
EC	6 + 9,32		9,4	1,09	9,4% /
CE	6 + 13,47		9,4	1,09	9,4% /
	6 + 20		6,33	0,73	6,33% /
PT	6 + 023,47		4,7	0,55	3% / 4,7%
ET	6 + 33,47		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 40				
Db2	5 + 45,47				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	78		
G=	3	Db=	12
R=	381,97	Ls=	22
V=	40	e=	2,3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 700,97	40kph G=3°			
TE	5 + 712,97		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 720		0,73	0,19	3% / 0,73%
PC	5 + 723,97		1,15	0,30	3% / 1,15%
EC	5 + 734,97		2,3	0,60	2,3% /
	5 + 740		2,3	0,60	2,3% /
	5 + 760		2,3	0,60	2,3% /
	5 + 780		2,3	0,60	2,3% /
CE	5 + 787,26		2,3	0,60	2,3% /
PT	5 + 798,26		1,15	0,30	3% / 1,15%
	5 + 800		0,97	0,253	3% / 0,97%
ET	5 + 809,26		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 820				
Db2	5 + 821,26				

Curva No,	80		
G=	3	Db=	12
R=	381,97	Ls=	20
V=	40	e=	2,3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 909,63	40kph G=3°			
	5 + 920				
TE	5 + 921,63		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 931,63		1,15	0,30	3% / 1,15%
	5 + 940		2,11	0,55	3% / 2,11%
EC	5 + 941,63		2,3	0,60	2,3% /
CE	5 + 943,87		2,3	0,60	2,3% /
PT	5 + 953,87		1,15	0,30	3% / 1,15%
	5 + 960		0,45	0,116	3% / 0,45%
ET	5 + 963,87		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 975,87				
Db2	5 + 975,87				

Curva No,	79		
G=	13	Db=	12
R=	88,15	Ls=	20
V=	40	e=	7,9
		Sa	0,85

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 812	40kph G=13°			
	5 + 820				
TE	5 + 824		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 834,00		3,95	0,43	3% / 3,95%
	5 + 840		6,32	0,68	3% / 6,32%
EC	5 + 844		7,9	0,85	7,9% /
CE	5 + 845,35		7,9	0,85	7,9% /
PT	5 + 855,35		3,95	0,43	3% / 3,95%
	5 + 860		2,11	0,227	3% / 2,11%
ET	5 + 865,35		0	0,00	3% /— 0%
Db2	5 + 877,35				

Curva No,	81		
G=	18	Db=	12
R=	63,66	Ls=	20
V=	40	e=	9,4
		Sa	1,09

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	5 + 977,32	40kph G=18°			
	5 + 980				
TE	5 + 989,32		0	0,00	3% /— 0%
PC	5 + 999,32		4,7	0,55	3% / 4,7%
	6 + 0		5,02	0,58	3% / 5,02%
EC	6 + 9,32		9,4	1,09	9,4% /
CE	6 + 13,47		9,4	1,09	9,4% /
	6 + 20		6,33	0,73	6,33% /
PT	6 + 023,47		4,7	0,55	3% / 4,7%
ET	6 + 33,47		0	0,00	3% /— 0%
	5 + 40				
Db2	5 + 45,47				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	82		
G=	18	Db=	12
R=	63,66	Ls=	31
V=	40	e=	9,4
		Sa	1,09

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 11,39	40kph G=18°			
	6 + 20				
TE	6 + 23,39		0	0,00	3% /— 0%
PC	6 + 038,89		4,7	0,55	3% / 4,7%
	6 + 40		5,04	0,58	3% / 5,04%
EC	6 + 54,39		9,4	1,09	9,4% /
CE	6 + 59,45		9,4	1,09	9,4% /
	6 + 60		9,23	1,07	9,23% /
PT	6 + 074,95		4,7	0,55	3% / 4,7%
	6 + 80		3,17	3,17	3% / 3,17%
ET	6 + 90,45		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 100				
Db2	6 + 102,45				

Curva No,	84		
G=	4	Db=	12
R=	286,48	Ls=	12
V=	40	e=	3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 162,19	40kph G=4°			
TE	6 + 174,19		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 180		1,45	0,29	3% / 1,45%
PC	6 + 180,19		1,5	0,30	3% / 1,5%
EC	6 + 186,19		3	0,60	3% /
CE	6 + 197,58		3	0,60	3% /
	6 + 200		2,40	0,48	2,4% /
PT	6 + 203,58		1,5	0,30	3% / 1,5%
ET	6 + 209,58		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 220				
Db2	6 + 221,58				

Curva No,	83		
G=	24	Db=	12
R=	47,75	Ls=	12
V=	40	e=	10
		Sa	1,36

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 83,63	40kph G=24°			
TE	6 + 95,63		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 100		3,64	0,50	3% / 3,64%
PC	6 + 101,63		5	0,68	3% / 5%
EC	6 + 107,63		10	1,36	10% /
CE	6 + 108,09		10	1,36	10% /
PT	6 + 114,09		5	0,68	3% / 5%
	6 + 120		0,08	0,08	3% / 0,08%
ET	6 + 120,09		0	0,00	3% /— 0%
Db2	6 + 132,09				

Curva No,	85		
G=	7	Db=	12
R=	163,7	Ls=	17
V=	40	e=	5
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 221,58	40kph G=7°			
TE	6 + 233,58		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 240		1,89	0,23	3% / 1,89%
PC	6 + 242,08		2,5	0,30	3% / 2,5%
EC	6 + 250,58		5	0,60	5% /
CE	6 + 251,72		5	0,60	5% /
	6 + 260		2,56	0,31	2,56% /
PT	6 + 260,22		2,5	0,30	3% / 2,5%
ET	6 + 268,72		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 280				
Db2	6 + 280,72				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	86		
G=	1	Db=	12
R=	1145,92	Ls=	22
V=	40	e=	0,8
		Sa	0

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 301,81	40kph G=1°			
TE	6 + 313,81		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 320		0,23	0,00	3% ^ 0,23%
PC	6 + 324,81		0,4	0,00	3% ^ 0,4%
EC	6 + 335,81		0,8	0,00	0,8% /
	6 + 340		0,8	0,00	0,8% /
CE	6 + 341,97		0,8	0,00	0,8% /
PT	6 + 352,97		0,4	0,00	3% ^ 0,4%
	6 + 360		0,14	0,00	3% ^ 0,14%
ET	6 + 363,97		0	0,00	3% /— 0%
Db2	6 + 375,97				

Curva No,	88		
G=	22	Db=	12
R=	52,09	Ls=	38
V=	40	e=	9,9
		Sa	1,27

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 372,07	40kph G=22°			
TE	6 + 384,07		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 400		4,15	0,53	3% ^ 4,15%
PC	6 + 403,07		4,95	0,64	3% ^ 4,95%
	6 + 420		9,36	1,20	3% ^ 9,36%
EC	6 + 422,07		9,9	1,27	9,9% /
CE	6 + 434,24		9,9	1,27	9,9% /
	6 + 440		8,40	1,08	8,4% /
PT	6 + 453,24		4,95	0,64	3% ^ 4,95%
	6 + 460		3,19	0,41	3% ^ 3,19%
ET	6 + 472,24	0	0,00	3% /— 0%	
	6 + 480				
Db2	6 + 484,24				

Curva No,	87		
G=	16	Db=	12
R=	71,62	Ls=	10
V=	40	e=	8,9
		Sa	0,99

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo	
Db1	6 + 360,48	40kph G=16°				
TE	6 + 372,48		0	0,00	3% /— 0%	
PC	6 + 377,48		4,45	0,50	3% ^ 4,45%	
	6 + 380		6,69	0,74	3% ^ 6,69%	
EC	6 + 382,48		8,9	0,99	8,9% /	
CE	6 + 383,58		8,9	0,99	8,9% /	
PT	6 + 388,58		4,45	0,50	3% ^ 4,45%	
ET	6 + 393,58		0	0,00	3% /— 0%	
	6 + 400					
Db2	6 + 405,58					

Curva No,	89		
G=	7	Db=	12
R=	163,7	Ls=	22
V=	40	e=	5
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 447,59	40kph G=7°			
TE	6 + 459,59		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 460		0,09	0,01	3% ^ 0,09%
PC	6 + 470,59		2,5	0,30	3% ^ 2,5%
	6 + 480		4,64	0,56	3% ^ 4,64%
EC	6 + 481,59		5	0,60	5% /
CE	6 + 497,47		5	0,60	5% /
	6 + 500		4,43	0,53	4,43% /
PT	6 + 508,47		2,5	0,30	3% ^ 2,5%
ET	6 + 519,47		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 520				
Db2	6 + 531,47				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	90		
G=	3	Db=	12
R=	381,97	Ls=	22
V=	40	e=	2,3
		Sa	0,6

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 512,89	40kph G=3°			
	6 + 520				
TE	6 + 524,89		0	0,00	3% /— 0%
PC	6 + 535,89		1,15	0,30	3% / \ 1,15%
	6 + 540		1,58	0,41	3% / \ 1,58%
EC	6 + 546,89		2,3	0,60	2,3% /
	6 + 560		2,3	0,6	2,3% /
CE	6 + 575,78		2,3	0,60	2,3% /
	6 + 580		1,86	0,48	1,86% /
PT	6 + 586,78		1,15	0,30	3% / \ 1,15%
ET	6 + 597,78		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 600				
Db2	6 + 609,78				

Curva No,	92		
G=	22	Db=	12
R=	52,09	Ls=	14
V=	40	e=	9,9
		Sa	1,27

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 617,45	40kph G=22°			
	6 + 620				
TE	6 + 629,45		0	0,00	3% /— 0%
PC	6 + 636,45		4,95	0,64	3% / \ 4,95%
	6 + 640		7,46	0,96	3% / \ 7,46%
EC	6 + 643,45		9,9	1,27	9,9% /
CE	6 + 644,06		9,9	1,27	9,9% /
PT	6 + 651,06		4,95	0,64	3% / \ 4,95%
ET	6 + 658,06		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 660				
Db2	6 + 670,06				

Curva No,	91		
G=	23	Db=	12
R=	49,82	Ls=	17
V=	40	e=	10
		Sa	1,32

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 576,61	40kph G=23°			
	6 + 580				
TE	6 + 588,61		0	0,00	3% /— 0%
PC	6 + 597,11		5	0,66	3% / \ 5%
	6 + 600		6,70	0,88	3% / \ 6,7%
EC	6 + 605,61		10	1,32	10% /
CE	6 + 606,44		10	1,32	10% /
PT	6 + 614,94		5	0,66	3% / \ 5%
	6 + 620		2,02	0,27	3% / \ 2,02%
ET	6 + 623,44		0	0,00	3% /— 0%
Db2	6 + 635,44				

Curva No,	93		
G=	12	Db=	12
R=	95,49	Ls=	22
V=	40	e=	7,5
		Sa	0,8

Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 657,01	40kph G=12°			
	6 + 660				
TE	6 + 669,01		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 680		3,75	0,40	3% / \ 3,75%
PC	6 + 680,01		3,75	0,40	3% / \ 3,75%
EC	6 + 691,01		7,5	0,80	7,5% /
CE	6 + 694,96		7,5	0,80	7,5% /
	6 + 700		5,78	0,62	5,78% /
PT	6 + 705,96		3,75	0,40	3% / \ 3,75%
ET	6 + 716,96		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 720				
Db2	6 + 728,96				

Continuación apéndice 5.

Curva No,	94				
G=	4	Db=	12		
R=	286,48	Ls=	18		
V=	40	e=	3		
		Sa	0,6		
Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 718,25	40kph G=4°			
	6 + 720				
TE	6 + 730,25		0	0,00	3% /— 0%
PC	6 + 739,25		1,5	0,30	3% \ 1,5%
	6 + 740		1,63	0,33	3% \ 1,63%
EC	6 + 748,25		3	0,60	3% /
CE	6 + 751,15		3	0,60	3% /
	6 + 760		1,53	0,30	1,53% /
PT	6 + 760,15		1,5	0,30	3% \ 1,5%
ET	6 + 769,15		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 780				
Db2	6 + 781,15				

Curva No,	96				
G=	22	Db=	12		
R=	52,09	Ls=	21		
V=	40	e=	9,9		
		Sa	1,27		
Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 938,24	40kph G=22°			
	6 + 940				
TE	6 + 950,24		0	0,00	3% /— 0%
	6 + 960		4,60	0,59	3% \ 4,6%
PC	6 + 960,74		4,95	0,64	3% \ 4,95%
EC	6 + 971,24		9,9	1,27	9,9% /
CE	6 + 974,79		9,9	1,27	9,9% /
	6 + 980		7,44	0,95	7,44% /
PT	6 + 985,29		4,95	0,64	3% \ 4,95%
ET	6 + 995,79		0	0,00	3% /— 0%
	7 + 0				
Db2	7 + 7,79				

Curva No,	95				
G=	2	Db=	12		
R=	572,96	Ls=	20		
V=	40	e=	1,6		
		Sa	0		
Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	6 + 854,01	40kph G=2°			
	6 + 860				
TE	6 + 866,01		0	0,00	3% /— 0%
PC	6 + 876,01		0,8	0,00	3% \ 0,8%
	6 + 880		1,12	0,00	3% \ 1,12%
EC	6 + 886,01		1,6	0,00	1,6% /
CE	6 + 887,85		1,6	0,00	1,6% /
PT	6 + 897,85		0,8	0,00	3% \ 0,8%
	6 + 900		0,63	0,00	3% \ 0,63%
ET	6 + 907,85		0	0,00	3% /— 0%
Db2	6 + 919,85				

Curva No,	97				
G=	4	Db=	12		
R=	286,48	Ls=	22		
V=	40	e=	3		
		Sa	0,6		
Punto	EST,	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	7 + 12,98	40kph G=4°			
	7 + 20				
TE	7 + 24,98		0	0,00	3% /— 0%
PC	7 + 035,98		1,5	0,30	3% \ 1,5%
	7 + 40		2,05	0,41	3% \ 2,05%
EC	7 + 46,98		3	0,60	3% /
	7 + 60		3	0,6	3% /
	7 + 80		3	0,6	3% /
CE	7 + 81,15		3	0,60	3% /
PT	7 + 092,15		1,5	0,30	3% \ 1,5%
	7 + 100		0,43	0,09	3% \ 0,43%
ET	7 + 103,15		0	0,00	3% /— 0%
Db2	7 + 115,15				

Fuente: elaboración propia

Continuación apéndice 5.

Curva No.	98		
G=	38	Db=	11
R=	30,16	Ls=	28
V=	30	e=	9,8
		Sa	1,79

Punto	EST.	V	e%	Sa	Bombeo
Db1	7 + 87,3	30kph G=38°			
TE	7 + 98,3		0	0,00	3% /— 0%
	7 + 100		0,60	0,11	3% ^ 0,6%
PC	7 + 112,30		4,9	0,90	3% ^ 4,9%
	7 + 120		7,00	1,28	3% ^ 7%
EC	7 + 126,3		9,8	1,79	9,8% /
CE	7 + 128,4		9,8	1,79	9,8% /
	7 + 140		5,74	1,05	5,74% /
PT	7 + 142,40		4,9	0,90	3% ^ 4,9%
ET	7 + 156,4		0	0,00	3% /— 0%
	7 + 160				
Db2	7 + 167,4				

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Tablas del diseño de curvas verticales del tramo carretero.**

Curva No,	1		
Pe=	1,63%	L =	50 m
Ps=	6,56%	K =	10,132
A=	4,93%	Est, PIV=	0 + 400,00
		Elev, PIV=	5006,562 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	0 + 375,00	1,63%	5 006,15	0,00	5 006,15
	0 + 380,00		5 006,24	0,012	5 006,25
PIV	0 + 400,00	1,63%	5 006,25	0,308	5 006,56
	0 + 420,00	6,56%	5 007,87	0,012	5 007,89
PTV	0 + 425,00		5 008,20	0,00	5 008,20

Curva No,	3		
Pe=	1,76%	L =	40 m
Ps=	5,38%	K =	11,046
A=	3,62%	Est, PIV=	0 + 800,00
		Elev, PIV=	5020,562 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	0 + 780,00	1,76%	5 020,21	0,00	5 020,21
PIV	0 + 800,00	1,76%	5 020,38	0,181	5 020,56
PTV	0 + 820,00	5,38%	5 021,64	0,00	5 021,64

Curva No,	2		
Pe=	6,56%	L =	50 m
Ps=	1,76%	K =	10,417
A=	-4,80%	Est, PIV=	0 + 545,00
		Elev, PIV=	5016,074 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	0 + 520,00	6,56%	5 014,43	0,00	5 014,43
	0 + 540,00		5 015,75	-0,192	5 015,55
PIV	0 + 545,00	6,56%	5 016,37	-0,300	5 016,07
	0 + 560,00	1,76%	5 016,34	-0,048	5 016,29
PTV	0 + 570,00		5 016,51	0,00	5 016,51

Curva No,	4		
Pe=	5,38%	L =	60 m
Ps=	-8,93%	K =	4,192
A=	-14,31%	Est, PIV=	0 + 925,00
		Elev, PIV=	5027,288 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	0 + 895,00	5,38%	5 025,67	0,00	5 025,67
	0 + 900,00		5 025,94	-0,030	5 025,91
PIV	0 + 925,00	5,38%	5 028,36	-1,073	5 027,29
	0 + 940,00	-8,93%	5 025,95	-0,268	5 025,68
PTV	0 + 955,00		5 024,61	0,00	5 024,61

Continuación apéndice 6.

Curva No,	5				
Pe=	-8,93%	L =	45	m	
Ps=	-1,86%	K =	6,363		
A=	7,07%	Est, PIV=	0 +	992,88	
		Elev, PIV=	5021,23	m	
Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	0 + 970,38	-8,93%	5 023,23	0,00	5 023,23
	0 + 980,00		5 022,38	0,073	5 022,45
PIV	0 + 992,88		5 020,83	0,398	5 021,23
	0 + 1000,00	-1,86%	5 021,09	0,186	5 021,28
PTV	0 + 1015,38		5 020,81	0,00	5 020,81
Curva No,	7				
Pe=	-7,08%	L =	30	m	
Ps=	5,81%	K =	2,328		
A=	12,89%	Est, PIV=	1 +	200,00	
		Elev, PIV=	5010,96	m	
Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	1 + 185,00	-7,08%	5 012,02	0,00	5 012,02
PIV	1 + 200,00		5 010,47	0,483	5 010,96
PTV	1 + 215,00	5,81%	5 011,83	0,00	5 011,83
Curva No,	9				
Pe=	9,30%	L =	35	m	
Ps=	13,00%	K =	9,461		
A=	3,70%	Est, PIV=	1 +	532,09	
		Elev, PIV=	5035,46	m	
Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	1 + 514,59	9,30%	5 033,83	0,00	5 033,83
	1 + 520,00		5 034,34	0,015	5 034,35
PIV	1 + 532,09		5 035,30	0,162	5 035,46
	1 + 540,00	13,00%	5 036,49	0,049	5 036,54
PTV	1 + 549,59		5 037,74	0,00	5 037,74

Curva No,	6				
Pe=	-1,86%	L =	30	m	
Ps=	-7,08%	K =	5,749		
A=	-5,22%	Est, PIV=	1 +	077,04	
		Elev, PIV=	5019,66	m	
Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	1 + 62,04	-1,86%	5 019,94	0,00	5 019,94
	1 + 60,00		5 019,98	-0,004	5 019,97
PIV	1 + 077,04		5 019,86	-0,196	5 019,66
	1 + 80,00	-7,08%	5 019,45	-0,126	5 019,32
PTV	1 + 92,04		5 018,60	0,00	5 018,60
Curva No,	8				
Pe=	5,81%	L =	30	m	
Ps=	9,30%	K =	8,587		
A=	3,49%	Est, PIV=	1 +	382,79	
		Elev, PIV=	5021,57	m	
Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	1 + 367,79	5,81%	5 020,70	0,00	5 020,70
	1 + 380,00		5 021,41	0,087	5 021,50
PIV	1 + 382,79		5 021,44	0,131	5 021,57
PTV	1 + 397,79	9,30%	5 022,97	0,00	5 022,97
Curva No,	10				
Pe=	13,00%	L =	25	m	
Ps=	5,38%	K =	3,28		
A=	-7,62%	Est, PIV=	1 +	758,22	
		Elev, PIV=	5064,86	m	
Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	1 + 745,72	13,00%	5 063,23	0,00	5 063,23
PIV	1 + 758,22		5 065,10	-0,238	5 064,86
	1 + 760,00	5,38%	5 064,95	-0,175	5 064,78
PTV	1 + 770,72		5 065,53	0,00	5 065,53

Continuación apéndice 6.

Curva No,	11	
Pe=	5,38%	L = 40 m
Ps=	9,24%	K = 10,369
A=	3,86%	Est, PIV= 2 + 059,43
		Elev, PIV= 5081,06 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	2 + 39,43	5,38%	5 079,99	0,00	5 079,99
	2 + 40,00		5 080,02	0,000	5 080,02
PIV	2 + 059,43	5,38%	5 080,87	0,193	5 081,06
	2 + 60,00	9,24%	5 081,12	0,182	5 081,30
PTV	2 + 79,43		5 082,91	0,00	5 082,91

Curva No,	13	
Pe=	-7,35%	L = 40 m
Ps=	-0,78%	K = 6,087
A=	6,57%	Est, PIV= 2 + 362,80
		Elev, PIV= 5081,13 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	2 + 342,80	-7,35%	5 082,60	0,00	5 082,60
	2 + 360,00		5 081,33	0,243	5 081,57
PIV	2 + 362,80	-7,35%	5 080,80	0,329	5 081,13
	2 + 380,00	-0,78%	5 080,99	0,006	5 081,00
PTV	2 + 382,80		5 080,97	0,00	5 080,97

Curva No,	15	
Pe=	-2,81%	L = 50 m
Ps=	1,12%	K = 12,71
A=	3,93%	Est, PIV= 3 + 082,34
		Elev, PIV= 5073,34 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	3 + 57,34	-2,81%	5 074,05	0,00	5 074,05
	3 + 60,00		5 073,97	0,003	5 073,97
PIV	3 + 082,34	-2,81%	5 073,10	0,246	5 073,34
	3 + 80,00	1,12%	5 073,32	0,294	5 073,61
PTV	3 + 107,34		5 073,62	0,00	5 073,62

Curva No,	12	
Pe=	9,24%	L = 70 m
Ps=	-7,35%	K = 4,219
A=	-16,59%	Est, PIV= 2 + 194,27
		Elev, PIV= 5093,52 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	2 + 159,27	9,24%	5 090,29	0,00	5 090,29
	2 + 160,00		5 090,35	-0,001	5 090,35
PIV	2 + 194,27	9,24%	5 094,97	-1,452	5 093,52
	2 + 200,00	-7,35%	5 093,10	-1,015	5 092,08
PTV	2 + 229,27		5 090,95	0,00	5 090,95

Curva No,	14	
Pe=	-0,78%	L = 40 m
Ps=	-2,81%	K = 19,732
A=	-2,03%	Est, PIV= 2 + 976,33
		Elev, PIV= 5076,32 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	2 + 956,33	-0,78%	5 076,48	0,00	5 076,48
	2 + 960,00		5 076,45	-0,003	5 076,45
PIV	2 + 976,33	-0,78%	5 076,42	-0,102	5 076,32
	2 + 980,00	-2,81%	5 076,22	-0,068	5 076,15
PTV	2 + 996,33		5 075,76	0,00	5 075,76

Curva No,	16	
Pe=	1,12%	L = 50 m
Ps=	2,20%	K = 46,624
A=	1,08%	Est, PIV= 3 + 300,00
		Elev, PIV= 5075,79 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	3 + 275,00	1,12%	5 075,51	0,00	5 075,51
	3 + 280,00		5 075,57	0,003	5 075,57
PIV	3 + 300,00	1,12%	5 075,72	0,068	5 075,79
	3 + 320,00	2,20%	5 076,23	0,003	5 076,23
PTV	3 + 325,00		5 076,34	0,00	5 076,34

Continuación apéndice 6.

Curva No,	17			
Pe=	2,20%	L =	50	m
Ps=	-2,29%	K =	11,158	
A=	-4,49%	Est, PIV=	3 +	496,66
		Elev, PIV=	5080,11	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	3 + 471,66	2,20%	5 079,56	0,00	5 079,56
	3 + 480,00		5 079,74	-0,031	5 079,71
PIV	3 + 496,66	2,20%	5 080,39	-0,281	5 080,11
	3 + 500,00	-2,29%	5 080,03	-0,211	5 079,82
PTV	3 + 521,66		5 079,54	0,00	5 079,54

Curva No,	19			
Pe=	-6,50%	L =	30	m
Ps=	-1,23%	K =	5,698	
A=	5,27%	Est, PIV=	4 +	064,65
		Elev, PIV=	5050,20	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	4 + 49,65	-6,50%	5 051,17	0,00	5 051,17
	4 + 60,00		5 050,50	0,094	5 050,59
PIV	4 + 064,65	-6,50%	5 050,00	0,198	5 050,20
PTV	4 + 79,65	-1,23%	5 050,01	0,00	5 050,01

Curva No,	21			
Pe=	-3,42%	L =	30	m
Ps=	-5,17%	K =	17,159	
A=	-1,75%	Est, PIV=	4 +	315,80
		Elev, PIV=	5044,11	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	4 + 300,80	-3,42%	5 044,62	0,00	5 044,62
PIV	4 + 315,80	-3,42%	5 044,17	-0,066	5 044,11
	4 + 320,00	-5,17%	5 043,89	-0,034	5 043,86
PTV	4 + 330,80		5 043,33	0,00	5 043,33

Curva No,	18			
Pe=	-2,29%	L =	50	m
Ps=	-6,50%	K =	11,863	
A=	-4,21%	Est, PIV=	3 +	662,91
		Elev, PIV=	5076,31	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	3 + 637,91	-2,29%	5 076,88	0,00	5 076,88
	3 + 640,00		5 076,83	-0,002	5 076,83
PIV	3 + 662,91	-2,29%	5 076,57	-0,263	5 076,31
	3 + 680,00	-6,50%	5 075,20	-0,026	5 075,17
PTV	3 + 687,91		5 074,68	0,00	5 074,68

Curva No,	20			
Pe=	-1,23%	L =	30	m
Ps=	-3,42%	K =	13,744	
A=	-2,19%	Est, PIV=	4 +	178,94
		Elev, PIV=	5048,79	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	4 + 163,94	-1,23%	5 048,97	0,00	5 048,97
PIV	4 + 178,94	-1,23%	5 048,87	-0,082	5 048,79
	4 + 180,00	-3,42%	5 048,75	-0,071	5 048,68
PTV	4 + 193,94		5 048,27	0,00	5 048,27

Curva No,	22			
Pe=	-5,17%	L =	40	m
Ps=	9,82%	K =	2,67	
A=	14,99%	Est, PIV=	4 +	425,60
		Elev, PIV=	5038,44	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	4 + 405,60	-5,17%	5 039,47	0,00	5 039,47
	4 + 420,00		5 038,73	0,389	5 039,11
PIV	4 + 425,60	-5,17%	5 037,69	0,750	5 038,44
	4 + 440,00	9,82%	5 039,85	0,059	5 039,91
PTV	4 + 445,60		5 040,40	0,00	5 040,40

Continuación apéndice 6.

Curva No,	23			
Pe=	9,82%	L =	50	m
Ps=	-10,44%	K =	2,469	
A=	-20,26%	Est, PIV=	4 +	539,13
		Elev, PIV=	5049,58	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	4 + 514,13	9,82%	5 047,13	0,00	5 047,13
	4 + 520,00		5 047,70	-0,070	5 047,63
PIV	4 + 539,13	9,82%	5 050,85	-1,266	5 049,58
	4 + 540,00	-10,44%	5 049,49	-1,180	5 048,31
PTV	4 + 564,13		5 046,97	0,00	5 046,97

Curva No,	25			
Pe=	0,74%	L =	40	m
Ps=	-2,25%	K =	13,382	
A=	-2,99%	Est, PIV=	4 +	792,17
		Elev, PIV=	5033,47	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	4 + 772,17	0,74%	5 033,32	0,00	5 033,32
	4 + 780,00		5 033,38	-0,023	5 033,36
PIV	4 + 792,17	0,74%	5 033,62	-0,150	5 033,47
	4 + 800,00	-2,25%	5 033,29	-0,055	5 033,24
PTV	4 + 812,17		5 033,02	0,00	5 033,02

Curva No,	27			
Pe=	1,10%	L =	25	m
Ps=	-14,61%	K =	1,591	
A=	-15,71%	Est, PIV=	5 +	036,01
		Elev, PIV=	5030,90	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	5 + 23,51	1,10%	5 030,76	0,00	5 030,76
PIV	5 + 036,01	1,10%	5 031,39	-0,491	5 030,90
	5 + 40,00	-14,61%	5 030,32	-0,228	5 030,09
PTV	5 + 48,51		5 029,07	0,00	5 029,07

Curva No,	24			
Pe=	-10,44%	L =	70	m
Ps=	0,74%	K =	6,266	
A=	11,18%	Est, PIV=	4 +	700,00
		Elev, PIV=	5032,79	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	4 + 665,00	-10,44%	5036,45	0,00	5036,45
PIV	4 + 700,00	-10,44%	5031,81	0,978	5032,79
	4 + 720,00	0,74%	5032,94	0,180	5033,12
PTV	4 + 735,00		5033,05	0,00	5033,05

Curva No,	26			
Pe=	-2,25%	L =	40	m
Ps=	1,10%	K =	11,912	
A=	3,35%	Est, PIV=	4 +	948,91
		Elev, PIV=	5029,94	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	4 + 928,91	-2,25%	5 030,39	0,00	5 030,39
	4 + 940,00		5 030,14	0,052	5 030,19
PIV	4 + 948,91	-2,25%	5 029,77	0,168	5 029,94
	4 + 960,00	1,10%	5 030,06	0,033	5 030,09
PTV	4 + 968,91		5 030,16	0,00	5 030,16

Curva No,	28			
Pe=	-14,61%	L =	95	m
Ps=	-1,65%	K =	7,329	
A=	12,96%	Est, PIV=	5 +	196,18
		Elev, PIV=	5007,50	m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	5 + 148,68	-14,61%	5 014,44	0,00	5 014,44
	5 + 160,00		5 012,79	0,087	5 012,87
PIV	5 + 196,18	-14,61%	5 005,96	1,539	5 007,50
	5 + 200,00	-1,65%	5 007,44	1,301	5 008,74
PTV	5 + 243,68		5 006,72	0,00	5 006,72

Continuación apéndice 6.

Curva No,	29		
Pe=	-1,65%	L =	65 m
Ps=	8,97%	K =	6,122
A=	10,62%	Est, PIV=	5 + 302,17
		Elev, PIV=	5005,76 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	5 + 269,67	-1,65%	5 006,29	0,00	5 006,29
	5 + 280,00		5 006,12	0,087	5 006,21
PIV	5 + 302,17		5 004,89	0,863	5 005,76
	5 + 300,00	8,97%	5 005,56	0,982	5 006,54
PTV	5 + 334,67		5 008,67	0,00	5 008,67

Curva No,	31		
Pe=	-2,66%	L =	35 m
Ps=	-6,78%	K =	8,494
A=	-4,12%	Est, PIV=	5 + 492,15
		Elev, PIV=	5008,22 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	5 + 474,65	-2,66%	5 008,68	0,00	5 008,68
	5 + 480,00		5 008,54	-0,017	5 008,53
PIV	5 + 492,15		5 008,40	-0,180	5 008,22
	5 + 500,00	-6,78%	5 007,69	-0,055	5 007,63
PTV	5 + 509,65		5 007,03	0,00	5 007,03

Curva No,	33		
Pe=	-11,00%	L =	40 m
Ps=	-1,39%	K =	4,16
A=	9,61%	Est, PIV=	5 + 709,73
		Elev, PIV=	4989,49 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	5 + 689,73	-11,00%	4 991,69	0,00	4 991,69
	5 + 700,00		4 990,56	0,127	4 990,69
PIV	5 + 709,73		4 989,01	0,481	4 989,49
	5 + 720,00	-1,39%	4 989,35	0,114	4 989,46
PTV	5 + 729,73		4 989,22	0,00	4 989,22

Curva No,	30		
Pe=	8,97%	L =	50 m
Ps=	-2,66%	K =	4,299
A=	-11,63%	Est, PIV=	5 + 366,80
		Elev, PIV=	5011,55 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	5 + 341,80	8,97%	5 009,31	0,00	5 009,31
	5 + 360,00		5 010,94	-0,385	5 010,56
PIV	5 + 366,80		5 012,28	-0,727	5 011,55
	5 + 380,00	-2,66%	5 011,20	-0,162	5 011,04
PTV	5 + 391,80		5 010,89	0,00	5 010,89

Curva No,	32		
Pe=	-6,78%	L =	40 m
Ps=	-11,00%	K =	9,481
A=	-4,22%	Est, PIV=	5 + 615,58
		Elev, PIV=	4999,85 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	5 + 595,58	-6,78%	5 001,21	0,00	5 001,21
	5 + 600,00		5 000,91	-0,010	5 000,90
PIV	5 + 615,58		5 000,06	-0,211	4 999,85
	5 + 620,00	-11,00%	4 999,36	-0,128	4 999,24
PTV	5 + 635,58		4 997,65	0,00	4 997,65

Curva No,	34		
Pe=	-1,39%	L =	40 m
Ps=	-9,71%	K =	4,805
A=	-8,32%	Est, PIV=	5 + 833,70
		Elev, PIV=	4987,78 m

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	5 + 813,70	-1,39%	4 988,06	0,00	4 988,06
	5 + 820,00		4 987,97	-0,041	4 987,93
PIV	5 + 833,70		4 988,19	-0,416	4 987,78
	5 + 840,00	-9,71%	4 987,17	-0,195	4 986,97
PTV	5 + 853,70		4 985,84	0,00	4 985,84

Continuación apéndice 6.

Curva No,	35		L =	35 m	
Pe=	-9,71%		K =	18,648	
Ps=	-11,59%		Est, PIV=	6 + 004,10	
A=	-1,88%		Elev, PIV=	4971,23 m	

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	5 + 986,60	-9,71%	4 972,93	0,00	4 972,93
	6 + 0,00		4 971,63	-261,422	4 710,21
PIV	6 + 004,10		5 230,48	-259,254	4 971,23
	6 + 20,00		4 969,39	-0,001	4 969,39
PTV	6 + 21,60	-11,59%	4 969,20	0,00	4 969,20

Curva No,	37		L =	40 m	
Pe=	-4,33%		K =	7,056	
Ps=	-10,00%		Est, PIV=	6 + 608,13	
A=	-5,67%		Elev, PIV=	4926,07 m	

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	6 + 588,13	-4,33%	4 926,94	0,00	4 926,94
	6 + 600,00		4 926,42	-0,100	4 926,32
PIV	6 + 608,13		4 926,35	-0,284	4 926,07
	6 + 620,00		4 924,88	-0,047	4 924,84
PTV	6 + 628,13	-10,00%	4 924,07	0,00	4 924,07

Curva No,	39		L =	40 m	
Pe=	-3,89%		K =	18,319	
Ps=	-6,07%		Est, PIV=	7 + 090,35	
A=	-2,18%		Elev, PIV=	4897,28 m	

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	7 + 70,35	-3,89%	4 898,06	0,00	4 898,06
	7 + 80,00		4 897,68	-0,025	4 897,66
PIV	7 + 090,35		4 897,39	-0,109	4 897,28
	7 + 100,00		4 896,70	-0,029	4 896,67
PTV	7 + 110,35	-6,07%	4 896,07	0,00	4 896,07

Curva No,	36		L =	50 m	
Pe=	-11,59%		K =	6,891	
Ps=	-4,33%		Est, PIV=	6 + 265,94	
A=	7,26%		Elev, PIV=	4940,89 m	

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	6 + 240,94	-11,59%	4 943,79	0,00	4 943,79
	6 + 240,00		4 943,90	0,001	4 943,90
PIV	6 + 265,94		4 940,44	0,454	4 940,89
	6 + 280,00		4 940,28	0,087	4 940,37
PTV	6 + 290,94	-4,33%	4 939,81	0,00	4 939,81

Curva No,	38		L =	40 m	
Pe=	-10,00%		K =	6,543	
Ps=	-3,89%		Est, PIV=	6 + 772,46	
A=	6,11%		Elev, PIV=	4909,64 m	

Punto	EST,	Pendiente	Elev, Subrasante	Y	Subrasante corregida
PCV	6 + 752,46	-10,00%	4 911,64	0,00	4 911,64
	6 + 760,00		4 910,88	0,043	4 910,93
PIV	6 + 772,46		4 909,33	0,306	4 909,64
	6 + 780,00		4 909,34	0,119	4 909,46
PTV	6 + 792,46	-3,89%	4 908,86	0,00	4 908,86

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Cuadros de movimiento de tierras del tramo carretero.

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL. ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
0+020,000	0,05	0,98	0,57	0,00	0,00	0,00
0+040,000	0,00	2,20	0,00	29,21	0,57	29,21
0+060,000	0,00	3,56	0,00	52,97	0,57	82,18
0+080,000	0,00	3,71	0,00	66,86	0,57	149,04
0+100,000	0,00	7,84	0,00	106,26	0,57	255,30
0+120,000	0,00	4,85	0,00	116,77	0,57	372,07
0+130,000	0,00	5,38	0,00	47,07	0,57	419,14
0+140,000	0,00	4,90	0,00	47,29	0,57	466,43
0+150,000	0,00	4,51	0,00	43,26	0,57	509,70
0+160,000	0,00	2,83	0,00	33,78	0,57	543,48
0+170,000	0,00	3,59	0,00	29,57	0,57	573,05
0+180,000	0,00	2,52	19,48	28,14	0,57	601,18
0+200,000	1,77	0,00	74,65	23,21	20,05	624,39
0+220,000	5,02	0,00	116,43	0,00	94,70	624,39
0+240,000	5,57	0,00	121,28	0,00	211,13	624,39
0+260,000	5,46	0,00	127,04	0,00	332,41	624,39
0+280,000	6,09	0,00	135,15	0,00	459,45	624,39
0+300,000	6,19	0,00	120,00	0,00	594,59	624,39
0+320,000	4,71	0,00	50,15	0,00	714,59	624,39
0+330,000	4,40	0,00	45,28	0,00	764,74	624,39
0+340,000	3,83	0,00	38,39	0,00	810,02	624,39
0+350,000	3,15	0,00	34,17	0,00	848,41	624,39
0+360,000	3,06	0,00	36,69	0,00	882,58	624,39
0+370,000	3,61	0,00	41,87	0,00	919,27	624,39
0+380,000	4,00	0,00	93,44	0,00	961,13	624,39
0+400,000	4,49	0,00	43,02	0,00	1054,58	624,39
0+410,000	3,33	0,00	29,35	0,00	1097,60	624,39
0+420,000	2,01	0,00	14,21	0,01	1126,95	624,40
0+430,000	0,58	0,01	3,41	0,06	1141,16	624,45
0+440,000	0,04	0,63	0,47	2,93	1144,57	627,38
0+460,000	0,00	3,19	0,00	35,12	1145,04	662,51
0+480,000	0,00	2,25	0,01	50,10	1145,04	712,60
0+490,000	0,00	0,17	9,51	11,15	1145,05	723,76
0+500,000	1,73	0,00	24,12	0,78	1154,55	724,54
0+510,000	2,66	0,00	32,71	0,00	1178,68	724,54
0+520,000	3,29	0,00	61,90	0,00	1211,39	724,54
0+540,000	2,34	0,00	22,76	0,00	1273,29	724,54
0+550,000	1,80	0,00	15,67	0,00	1296,05	724,54
0+560,000	1,05	0,07	16,36	0,34	1311,72	724,88
0+580,000	0,44	0,05	8,56	1,12	1328,08	726,00
0+600,000	0,34	0,07	2,33	1,10	1336,64	727,10
0+610,000	0,08	0,19	1,22	1,20	1338,97	728,30
0+620,000	0,14	0,24	1,58	1,99	1340,19	730,29
0+630,000	0,15	0,31	1,22	2,53	1341,77	732,82

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL. ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
0+640,000	0,07	0,22	0,40	2,40	1342,99	735,21
0+650,000	0,00	0,49	0,00	3,25	1343,39	738,47
0+660,000	0,00	0,62	0,00	5,12	1343,39	743,59
0+680,000	0,00	0,95	0,00	14,50	1343,39	758,09
0+690,000	0,00	1,27	1,78	10,23	1343,39	768,32
0+700,000	0,32	0,30	17,81	7,23	1345,17	775,55
0+720,000	1,30	0,00	43,44	2,76	1362,98	778,30
0+740,000	2,65	0,00	37,30	0,00	1406,42	778,30
0+750,000	4,13	0,00	32,05	0,00	1443,71	778,30
0+760,000	1,70	0,00	42,42	0,00	1475,76	778,30
0+780,000	2,16	0,00	20,96	0,00	1518,18	778,30
0+790,000	1,65	0,00	15,12	0,00	1539,13	778,30
0+800,000	1,10	0,00	9,06	0,00	1554,25	778,30
0+810,000	0,55	0,00	5,89	0,01	1563,31	778,31
0+820,000	0,52	0,01	8,50	0,06	1569,20	778,37
0+830,000	1,03	0,00	17,04	0,05	1577,70	778,41
0+840,000	2,07	0,00	28,84	0,00	1594,74	778,42
0+850,000	3,17	0,00	37,81	0,00	1623,58	778,42
0+860,000	3,70	0,00	71,11	0,00	1661,39	778,42
0+880,000	2,76	0,00	24,82	0,00	1732,51	778,42
0+890,000	1,75	0,00	14,12	0,00	1757,33	778,42
0+900,000	0,81	0,00	10,35	0,02	1771,45	778,43
0+910,000	1,07	0,00	18,29	0,02	1781,79	778,45
0+920,000	2,26	0,00	16,15	0,00	1800,08	778,45
0+930,000	0,68	0,01	3,73	0,05	1816,23	778,50
0+940,000	0,00	1,61	0,00	7,45	1819,96	785,95
0+960,000	0,00	3,30	0,00	45,17	1819,96	831,12
0+970,000	0,00	2,68	0,00	27,52	1819,96	858,64
0+980,000	0,00	2,07	0,00	21,87	1819,96	880,50
0+990,000	0,00	0,99	1,58	14,09	1819,96	894,60
1+000,000	0,29	0,27	6,65	5,81	1821,55	900,41
1+010,000	0,92	0,00	6,69	1,28	1828,19	901,69
1+020,000	0,29	0,07	4,80	0,36	1834,88	902,06
1+040,000	0,14	0,10	6,06	1,58	1839,68	903,64
1+060,000	0,41	0,00	4,92	0,92	1845,75	904,56
1+070,000	0,49	0,00	5,95	0,00	1850,67	904,56
1+080,000	0,60	0,00	3,36	0,00	1856,62	904,57
1+090,000	0,01	0,40	0,07	1,84	1859,97	906,40
1+100,000	0,00	0,45	0,00	3,91	1860,05	910,31
1+110,000	0,00	1,86	0,00	10,62	1860,05	920,93
1+120,000	0,00	3,55	0,00	24,88	1860,05	945,82
1+130,000	0,00	1,49	2,62	23,19	1860,05	969,01
1+140,000	0,48	1,14	2,62	12,12	1862,66	981,13
1+150,000	0,00	1,01	8,33	9,93	1865,28	991,05

Continuación apéndice 7.

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL, ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
1+160,000	1,51	0,00	98,94	4,67	1873,61	995,72
1+180,000	7,48	0,00	90,71	0,00	1972,55	995,72
1+190,000	9,01	0,00	99,03	0,00	2063,26	995,72
1+200,000	8,99	0,00	85,93	0,00	2162,29	995,72
1+210,000	6,63	0,00	63,62	0,00	2248,22	995,72
1+220,000	4,93	0,00	41,10	0,00	2311,84	995,72
1+230,000	2,54	0,00	15,93	0,00	2352,94	995,72
1+240,000	0,36	0,04	1,96	0,20	2368,87	995,92
1+250,000	0,00	1,58	0,00	7,47	2370,84	1003,39
1+260,000	0,00	2,37	0,00	18,17	2370,84	1021,56
1+270,000	0,00	4,10	0,00	29,77	2370,84	1051,34
1+280,000	0,00	3,36	0,00	34,33	2370,84	1085,67
1+300,000	0,00	2,77	0,00	56,41	2370,84	1142,07
1+320,000	0,00	0,38	0,00	28,99	2370,84	1171,06
1+340,000	0,00	0,36	7,86	6,86	2370,84	1177,92
1+360,000	0,71	0,44	16,00	7,45	2378,70	1185,36
1+370,000	2,19	0,00	28,04	2,05	2394,70	1187,41
1+380,000	2,90	0,00	86,78	0,00	2422,73	1187,41
1+400,000	4,99	0,00	57,85	0,00	2509,51	1187,41
1+410,000	5,53	0,00	68,89	0,00	2567,36	1187,41
1+420,000	6,99	0,00	76,16	0,00	2636,26	1187,41
1+430,000	6,85	0,00	65,66	0,00	2712,42	1187,41
1+440,000	5,08	0,00	76,97	0,00	2778,08	1187,41
1+460,000	1,91	0,00	21,05	0,00	2855,06	1187,41
1+480,000	0,00	3,60	0,00	33,15	2876,10	1220,56
1+490,000	0,00	0,93	0,60	20,87	2876,10	1241,43
1+500,000	0,11	1,61	51,23	11,71	2876,70	1253,14
1+520,000	4,55	0,00	157,49	14,83	2927,93	1267,97
1+540,000	9,77	0,00	84,60	0,00	3085,42	1267,97
1+550,000	5,61	0,00	39,69	0,00	3170,03	1267,97
1+560,000	1,60	0,00	15,79	0,00	3209,71	1267,97
1+570,000	1,27	1,33	26,98	6,13	3225,50	1274,09
1+580,000	3,64	0,00	121,21	6,14	3252,48	1280,24
1+600,000	7,38	0,00	106,89	0,04	3373,68	1280,28
1+610,000	12,05	0,00	135,87	0,00	3480,57	1280,28
1+620,000	12,65	0,00	135,13	0,00	3616,44	1280,28
1+630,000	11,92	0,00	124,25	0,00	3751,57	1280,28
1+640,000	10,67	0,00	121,60	0,00	3875,81	1280,28
1+650,000	11,44	0,00	113,27	0,00	3997,42	1280,28
1+660,000	9,16	0,00	152,32	0,00	4110,69	1280,28
1+680,000	4,69	0,00	112,51	0,00	4263,01	1280,28
1+700,000	5,54	0,00	127,52	0,00	4375,52	1280,28
1+720,000	6,05	0,00	119,05	0,00	4503,04	1280,28
1+740,000	4,77	0,00	43,68	0,00	4622,09	1280,28

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL, ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
1+750,000	3,17	0,00	33,97	0,00	4665,77	1280,28
1+760,000	3,01	0,00	63,02	0,00	4699,74	1280,28
1+780,000	2,72	0,00	27,64	0,00	4762,76	1280,28
1+790,000	2,30	0,00	20,37	0,00	4790,40	1280,28
1+800,000	1,40	0,00	18,70	0,00	4810,78	1280,28
1+820,000	0,30	0,14	4,34	1,28	4829,48	1281,56
1+840,000	0,10	0,64	1,50	7,20	4833,82	1288,76
1+860,000	0,04	0,87	0,22	13,91	4835,32	1302,67
1+870,000	0,00	1,90	0,00	12,74	4835,53	1315,41
1+880,000	0,00	3,38	0,00	24,31	4835,53	1339,72
1+900,000	0,00	2,45	0,68	53,67	4835,53	1393,39
1+910,000	0,12	0,38	7,01	13,03	4836,22	1406,42
1+920,000	1,15	0,00	21,48	1,77	4843,23	1408,19
1+930,000	2,75	0,00	28,74	0,01	4864,70	1408,21
1+940,000	2,47	0,00	57,14	0,00	4893,44	1408,21
1+960,000	2,72	0,00	60,27	0,00	4950,58	1408,21
1+980,000	2,76	0,00	29,56	0,00	5010,84	1408,21
1+990,000	2,62	0,00	28,22	0,00	5040,40	1408,21
2+000,000	2,51	0,00	31,19	0,00	5068,63	1408,21
2+010,000	3,16	0,00	25,49	0,00	5099,81	1408,21
2+020,000	1,48	0,00	10,52	0,02	5125,30	1408,23
2+030,000	0,44	0,09	2,66	0,45	5135,83	1408,67
2+040,000	0,05	0,22	3,45	1,46	5138,49	1410,13
2+060,000	0,27	0,23	10,96	4,23	5141,93	1414,36
2+080,000	0,73	0,02	9,16	2,38	5152,89	1416,74
2+090,000	0,94	0,00	6,43	0,14	5162,05	1416,88
2+100,000	0,23	0,08	20,14	0,42	5168,48	1417,30
2+120,000	1,60	0,00	23,92	0,78	5188,62	1418,08
2+130,000	2,75	0,00	33,90	0,00	5212,55	1418,08
2+140,000	3,41	0,00	20,28	0,00	5246,44	1418,08
2+150,000	0,28	0,49	1,70	2,26	5266,72	1420,34
2+160,000	0,03	0,39	0,50	4,05	5268,42	1424,40
2+170,000	0,06	0,66	0,54	4,84	5268,92	1429,24
2+180,000	0,04	0,73	5,99	6,42	5269,46	1435,66
2+200,000	0,51	0,00	5,57	6,78	5275,45	1442,44
2+220,000	0,00	2,20	0,00	20,29	5281,02	1462,73
2+240,000	0,00	2,25	1,30	40,91	5281,02	1503,63
2+260,000	0,12	0,25	18,42	22,96	5282,32	1526,59
2+280,000	1,56	0,00	31,32	2,30	5300,75	1528,89
2+300,000	1,29	0,00	13,39	0,00	5332,07	1528,89
2+310,000	1,14	0,00	13,53	0,00	5345,46	1528,89
2+320,000	1,32	0,00	17,43	0,00	5358,99	1528,89
2+330,000	1,85	0,00	24,22	0,00	5376,42	1528,89
2+340,000	2,55	0,00	30,09	0,00	5400,64	1528,89

Continuación apéndice 7.

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL, ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
2+350,000	2,92	0,00	36,33	0,00	5430,72	1528,89
2+360,000	3,68	0,00	48,38	0,00	5467,05	1528,89
2+370,000	5,11	0,00	55,58	0,00	5515,43	1528,89
2+380,000	4,99	0,00	47,36	0,00	5571,01	1528,89
2+390,000	3,62	0,00	32,01	0,00	5618,37	1528,89
2+400,000	2,20	0,00	33,08	0,00	5650,38	1528,89
2+420,000	0,81	0,00	8,86	0,00	5683,45	1528,89
2+440,000	0,00	0,66	0,00	6,03	5692,32	1534,92
2+460,000	0,00	2,52	0,00	29,25	5692,32	1564,16
2+480,000	0,00	1,94	0,00	41,06	5692,32	1605,22
2+500,000	0,00	2,56	0,00	41,41	5692,32	1646,63
2+520,000	0,00	3,50	0,00	55,76	5692,32	1702,39
2+530,000	0,00	3,32	0,00	31,35	5692,32	1733,75
2+540,000	0,00	3,90	0,00	33,20	5692,32	1766,94
2+560,000	0,00	4,05	0,00	73,16	5692,32	1840,10
2+580,000	0,00	4,11	0,00	75,05	5692,32	1915,16
2+600,000	0,00	3,62	0,00	71,10	5692,32	1986,25
2+620,000	0,00	3,40	0,00	64,58	5692,32	2050,83
2+640,000	0,00	3,95	0,00	67,60	5692,32	2118,43
2+660,000	0,00	5,21	0,00	84,24	5692,32	2202,67
2+670,000	0,00	3,10	0,00	38,22	5692,32	2240,89
2+680,000	0,00	5,12	0,00	37,80	5692,32	2278,69
2+690,000	0,00	5,26	0,00	47,71	5692,32	2326,40
2+700,000	0,00	5,22	0,00	48,19	5692,32	2374,58
2+720,000	0,00	5,23	0,00	96,16	5692,32	2470,75
2+740,000	0,00	4,45	0,00	89,08	5692,32	2559,82
2+760,000	0,00	3,39	0,00	72,13	5692,32	2631,95
2+780,000	0,00	3,12	0,00	59,94	5692,32	2691,90
2+810,000	0,00	1,73	0,00	18,10	5692,32	2759,01
2+820,000	0,00	1,01	4,04	12,61	5692,32	2771,62
2+830,000	0,74	0,00	18,07	4,64	5696,36	2776,26
2+840,000	2,55	0,00	156,84	0,00	5714,43	2776,26
2+860,000	11,71	0,00	316,48	0,00	5871,27	2776,26
2+880,000	17,06	0,00	282,46	0,00	6187,76	2776,26
2+900,000	8,62	0,00	92,99	0,00	6470,22	2776,26
2+910,000	8,29	0,00	73,97	0,00	6563,21	2776,26
2+920,000	5,16	0,00	53,31	0,00	6637,18	2776,26
2+930,000	4,54	0,00	45,79	0,00	6690,49	2776,26
2+940,000	3,79	0,00	75,72	0,00	6736,28	2776,26
2+960,000	3,09	0,00	48,09	0,00	6812,00	2776,26
2+980,000	1,28	0,00	33,08	0,00	6860,09	2776,26
3+000,000	1,73	0,00	43,72	0,00	6893,17	2776,26
3+020,000	2,25	0,00	26,60	0,00	6936,89	2776,26

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL, ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
3+030,000	2,59	0,00	29,90	0,00	6963,49	2776,26
3+040,000	2,85	0,00	51,98	0,00	6993,39	2776,26
3+060,000	1,88	0,00	40,56	0,00	7045,37	2776,26
3+080,000	1,81	0,01	47,34	0,12	7085,93	2776,37
3+100,000	2,50	0,00	43,19	0,12	7133,27	2776,49
3+120,000	1,43	0,00	15,50	0,00	7176,46	2776,49
3+130,000	1,39	0,00	15,77	0,00	7191,96	2776,49
3+140,000	1,48	0,00	14,78	0,00	7207,73	2776,49
3+150,000	1,21	0,00	17,48	0,00	7222,51	2776,49
3+160,000	1,97	0,00	26,85	0,00	7239,99	2776,49
3+170,000	2,91	0,00	36,54	0,00	7266,84	2776,49
3+180,000	3,73	0,00	45,71	0,00	7303,38	2776,49
3+190,000	4,58	0,00	55,01	0,00	7349,09	2776,49
3+200,000	5,42	0,00	55,57	0,00	7404,10	2776,49
3+210,000	4,68	0,00	48,08	0,00	7459,67	2776,49
3+220,000	4,06	0,00	41,79	0,00	7507,75	2776,49
3+230,000	3,54	0,00	37,38	0,00	7549,54	2776,49
3+240,000	3,26	0,00	66,31	0,00	7586,92	2776,49
3+260,000	2,77	0,00	60,50	0,00	7653,23	2776,49
3+280,000	2,73	0,00	49,09	0,00	7713,73	2776,49
3+300,000	1,73	0,00	19,25	0,00	7762,82	2776,49
3+320,000	0,02	0,14	0,19	1,25	7782,07	2777,75
3+340,000	0,00	0,87	9,47	9,28	7782,26	2787,03
3+360,000	0,86	0,00	15,76	8,03	7791,73	2795,06
3+370,000	2,01	0,00	28,49	0,00	7807,50	2795,06
3+380,000	3,17	0,00	40,64	0,00	7835,99	2795,06
3+390,000	4,21	0,00	43,76	0,00	7876,62	2795,06
3+400,000	3,74	0,00	48,41	0,00	7920,39	2795,06
3+430,000	0,04	1,20	9,56	5,82	7972,66	2801,49
3+440,000	1,69	0,11	10,43	6,01	7982,22	2807,49
3+450,000	0,20	0,95	1,12	4,86	7992,65	2812,35
3+460,000	0,00	1,62	11,20	11,81	7993,77	2824,16
3+480,000	1,02	0,02	10,38	15,10	8004,97	2839,26
3+490,000	0,87	0,00	4,77	0,10	8015,35	2839,37
3+500,000	0,00	0,67	0,00	3,08	8020,12	2842,44
3+520,000	0,00	2,04	0,41	24,91	8020,12	2867,36
3+540,000	0,04	0,58	11,62	24,13	8020,54	2891,49
3+550,000	2,08	0,00	24,81	2,70	8032,16	2894,19
3+560,000	2,44	0,00	61,53	0,02	8056,97	2894,21
3+580,000	3,16	0,00	67,68	0,00	8118,51	2894,21
3+600,000	2,99	0,00	35,02	0,00	8186,19	2894,21
3+610,000	3,37	0,00	35,77	0,00	8221,20	2894,21
3+620,000	3,13	0,00	37,85	0,00	8256,98	2894,21

Continuación apéndice 7

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL. ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
3+630,000	3,75	0,00	50,08	0,00	8294,83	2894,21
3+640,000	5,36	0,00	45,44	0,00	8344,92	2894,21
3+650,000	2,91	0,00	26,94	0,00	8390,36	2894,21
3+660,000	1,99	0,00	22,15	0,00	8417,30	2894,21
3+670,000	2,04	0,00	26,94	0,00	8439,45	2894,21
3+680,000	2,86	0,00	54,63	0,00	8466,39	2894,21
3+700,000	2,10	0,00	17,28	0,00	8521,02	2894,21
3+710,000	1,04	0,00	10,05	0,00	8538,30	2894,21
3+720,000	0,79	0,02	9,12	0,07	8548,35	2894,28
3+730,000	0,87	0,14	8,86	0,73	8557,47	2895,01
3+740,000	0,74	0,85	9,14	4,59	8566,34	2899,60
3+760,000	0,09	0,16	65,69	9,31	8575,48	2908,91
3+780,000	5,88	0,00	69,52	1,45	8641,17	2910,36
3+790,000	6,76	0,00	55,58	0,00	8710,68	2910,36
3+800,000	3,35	0,00	34,80	0,00	8766,26	2910,36
3+810,000	2,98	0,00	35,75	0,00	8801,06	2910,36
3+820,000	3,52	0,00	35,03	0,00	8836,81	2910,36
3+830,000	2,85	0,00	29,76	0,00	8871,84	2910,36
3+840,000	2,56	0,00	71,06	0,00	8901,59	2910,36
3+860,000	3,90	0,00	45,71	0,00	8972,65	2910,36
3+870,000	4,42	0,00	55,41	0,00	9018,37	2910,36
3+900,000	8,90	0,00	149,66	0,00	9233,93	2910,36
3+920,000	4,70	0,00	173,27	0,00	9383,59	2910,36
3+940,000	11,05	0,00	221,49	0,00	9556,86	2910,36
3+960,000	9,09	0,00	95,22	0,00	9778,36	2910,36
3+970,000	8,23	0,00	81,84	0,00	9873,58	2910,36
3+980,000	6,65	0,00	72,15	0,00	9955,42	2910,36
3+990,000	6,46	0,00	75,06	0,00	10027,58	2910,36
4+000,000	7,18	0,00	173,71	0,00	10102,64	2910,36
4+020,000	8,61	0,00	102,67	0,00	10276,35	2910,36
4+030,000	10,06	0,00	114,95	0,00	10379,01	2910,36
4+040,000	10,84	0,00	177,57	0,00	10493,96	2910,36
4+060,000	5,30	0,00	37,37	0,00	10671,53	2910,36
4+070,000	1,49	0,02	9,31	0,09	10708,90	2910,45
4+080,000	0,20	0,13	1,10	0,69	10718,21	2911,14
4+090,000	0,00	0,98	0,00	5,10	10719,31	2916,23
4+100,000	0,00	2,35	1,87	15,29	10719,31	2931,52
4+120,000	0,17	0,33	3,07	24,63	10721,19	2956,15
4+130,000	0,39	0,27	13,01	2,74	10724,25	2958,89
4+140,000	1,98	0,00	26,29	1,22	10737,26	2960,11
4+150,000	2,80	0,00	32,41	0,00	10763,55	2960,11
4+160,000	3,09	0,00	33,08	0,00	10795,96	2960,11
4+170,000	2,92	0,00	28,10	0,00	10829,04	2960,11

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL. ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
4+180,000	2,19	0,00	74,61	0,00	10857,15	2960,11
4+200,000	4,60	0,00	35,87	0,00	10931,76	2960,11
4+210,000	1,92	0,00	12,40	0,00	10967,63	2960,11
4+220,000	0,33	0,16	3,63	0,73	10980,03	2960,84
4+240,000	0,00	1,03	3,05	10,97	10983,66	2971,81
4+260,000	0,28	0,67	8,18	15,67	10986,71	2987,48
4+270,000	1,21	0,00	17,06	3,08	10994,89	2990,56
4+280,000	1,89	0,00	39,39	0,00	11011,96	2990,56
4+300,000	1,69	0,00	16,24	0,00	11051,34	2990,56
4+310,000	1,26	0,00	11,04	0,00	11067,58	2990,56
4+320,000	0,74	0,02	10,59	0,09	11078,62	2990,65
4+340,000	0,22	0,88	1,20	8,32	11089,21	2998,98
4+350,000	0,00	0,76	0,00	7,55	11090,41	3006,53
4+360,000	0,00	1,18	0,00	8,92	11090,41	3015,45
4+380,000	0,00	1,96	4,10	28,94	11090,41	3044,39
4+400,000	0,37	0,00	33,05	18,07	11094,52	3062,47
4+420,000	2,63	0,00	20,99	0,00	11127,56	3062,47
4+430,000	1,18	0,05	9,04	0,25	11148,55	3062,71
4+440,000	0,46	0,44	2,53	2,28	11157,59	3065,00
4+450,000	0,00	2,11	0,00	11,74	11160,12	3076,74
4+460,000	0,00	1,82	0,24	18,08	11160,12	3094,82
4+490,000	0,64	0,04	12,01	1,71	11164,01	3116,29
4+500,000	1,54	0,01	24,88	0,26	11176,02	3116,55
4+510,000	2,98	0,00	16,40	0,06	11200,89	3116,62
4+520,000	0,00	0,17	0,86	0,76	11217,29	3117,38
4+530,000	0,16	1,14	3,54	5,99	11218,15	3123,37
4+540,000	0,49	0,44	29,35	7,26	11221,70	3130,64
4+560,000	2,18	0,00	40,27	4,06	11251,05	3134,69
4+570,000	5,14	0,00	59,45	0,00	11291,32	3134,69
4+580,000	5,67	0,00	67,38	0,00	11350,77	3134,69
4+590,000	6,58	0,00	64,84	0,00	11418,15	3134,69
4+600,000	5,21	0,00	59,57	0,00	11482,99	3134,69
4+620,000	0,21	2,61	1,16	24,03	11542,56	3158,73
4+630,000	0,00	0,45	0,00	14,07	11543,72	3172,79
4+640,000	0,00	1,50	0,00	8,95	11543,72	3181,75
4+660,000	0,00	1,29	0,00	25,68	11543,72	3207,43
4+680,000	0,00	2,26	0,00	32,67	11543,72	3240,10
4+700,000	0,00	0,61	0,00	26,37	11543,72	3266,47
4+710,000	0,00	1,11	0,00	7,88	11543,72	3274,35
4+720,000	0,00	1,55	0,00	12,21	11543,72	3286,56
4+730,000	0,00	1,46	0,00	13,85	11543,72	3300,41
4+740,000	0,00	1,06	5,47	11,60	11543,72	3312,01
4+760,000	0,50	0,00	38,08	9,77	11549,19	3321,78

Continuación apéndice 7.

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL, ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
4+780,000	2,97	0,00	33,13	0,03	11587,27	3321,80
4+790,000	3,06	0,00	25,68	0,00	11620,40	3321,80
4+800,000	1,61	0,00	11,03	0,00	11646,08	3321,80
4+810,000	0,39	0,00	5,81	0,00	11657,10	3321,80
4+820,000	0,66	0,00	7,28	0,03	11662,91	3321,83
4+840,000	0,00	1,21	0,00	11,14	11670,19	3332,97
4+860,000	0,00	1,23	0,00	22,44	11670,19	3355,42
4+880,000	0,00	1,24	0,00	22,76	11670,19	3378,17
4+900,000	0,00	1,55	2,22	25,67	11670,19	3403,84
4+920,000	0,20	0,01	17,61	14,38	11672,41	3418,22
4+940,000	1,40	0,00	15,14	0,11	11690,01	3418,33
4+950,000	1,35	0,01	18,54	0,05	11705,16	3418,38
4+960,000	2,02	0,00	25,24	0,05	11723,70	3418,42
4+970,000	2,57	0,00	32,05	0,00	11748,94	3418,42
4+980,000	3,26	0,00	108,15	0,00	11780,99	3418,42
5+000,000	6,58	0,00	181,21	0,00	11889,14	3418,42
5+020,000	9,90	0,00	106,81	0,00	12070,34	3418,42
5+030,000	9,52	0,00	111,76	0,00	12177,15	3418,42
5+040,000	10,80	0,00	274,31	0,00	12288,91	3418,42
5+070,000	13,07	0,00	132,59	0,00	12712,88	3418,42
5+080,000	11,03	0,00	109,65	0,00	12845,47	3418,42
5+090,000	8,90	0,00	92,95	0,00	12955,12	3418,42
5+100,000	8,00	0,00	124,68	0,00	13048,07	3418,42
5+120,000	3,34	0,00	56,23	0,00	13172,75	3418,42
5+140,000	1,77	0,00	19,51	0,00	13228,98	3418,42
5+160,000	0,00	2,01	0,00	18,46	13248,49	3436,88
5+180,000	0,00	6,70	0,00	80,13	13248,49	3517,01
5+200,000	0,00	3,99	0,00	98,42	13248,49	3615,44
5+210,000	0,00	1,44	23,86	25,01	13248,49	3640,44
5+220,000	4,34	0,00	60,99	6,67	13272,36	3647,11
5+240,000	1,21	0,00	76,25	0,08	13333,34	3647,20
5+260,000	5,73	0,00	67,97	0,01	13409,60	3647,20
5+270,000	6,63	0,00	60,29	0,00	13477,57	3647,20
5+280,000	4,33	0,00	93,00	0,00	13537,86	3647,20
5+300,000	4,12	0,00	45,22	0,00	13630,86	3647,20
5+310,000	4,10	0,00	38,89	0,00	13676,08	3647,20
5+320,000	2,97	0,00	85,22	0,00	13714,97	3647,20
5+340,000	4,77	0,00	46,58	0,00	13800,19	3647,20
5+350,000	3,69	0,00	42,30	0,00	13846,77	3647,20
5+360,000	4,00	0,00	43,96	0,00	13889,07	3647,20
5+380,000	0,00	1,42	0,00	13,11	13933,03	3660,31
5+400,000	0,00	2,43	0,00	35,43	13933,03	3695,74
5+410,000	0,00	2,47	0,00	22,54	13933,03	3718,28

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL, ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
5+420,000	0,00	1,48	7,92	18,19	13933,03	3736,47
5+440,000	0,72	0,01	15,61	13,74	13940,96	3750,21
5+450,000	2,12	0,00	24,96	0,06	13956,56	3750,27
5+460,000	2,42	0,00	49,72	0,00	13981,53	3750,27
5+480,000	2,10	0,00	23,84	0,00	14031,25	3750,27
5+500,000	0,07	0,12	1,99	1,13	14055,10	3751,40
5+520,000	0,11	0,20	1,23	2,99	14057,09	3754,38
5+540,000	0,00	1,78	0,00	18,26	14058,32	3772,65
5+550,000	0,00	1,77	0,00	16,36	14058,32	3789,01
5+560,000	0,00	1,31	0,00	14,17	14058,32	3803,17
5+580,000	0,00	0,55	14,99	17,03	14058,32	3820,21
5+600,000	1,36	0,00	18,24	5,02	14073,31	3825,22
5+610,000	1,95	0,00	44,63	0,00	14091,54	3825,22
5+620,000	6,16	0,00	79,23	0,00	14136,18	3825,22
5+640,000	1,04	0,00	6,09	0,09	14215,40	3825,31
5+650,000	0,07	0,35	0,36	1,65	14221,49	3826,96
5+660,000	0,00	1,28	0,00	7,50	14221,86	3834,46
5+680,000	0,00	3,49	0,00	43,87	14221,86	3878,32
5+700,000	0,00	1,09	73,64	42,07	14221,86	3920,39
5+730,000	5,47	0,00	52,10	0,00	14362,39	3930,39
5+740,000	4,01	0,00	37,67	0,00	14414,49	3930,39
5+750,000	2,84	0,00	24,18	0,00	14452,16	3930,39
5+760,000	1,55	0,00	9,41	0,00	14476,34	3930,39
5+770,000	0,16	0,59	0,87	2,73	14485,74	3933,12
5+780,000	0,00	4,99	0,00	25,70	14486,61	3958,83
5+790,000	0,00	2,63	0,00	35,07	14486,61	3993,90
5+800,000	0,00	0,77	0,00	15,63	14486,61	4009,52
5+820,000	0,00	1,31	6,51	19,14	14486,61	4028,67
5+840,000	0,59	0,07	3,57	12,77	14493,12	4041,44
5+850,000	0,06	1,56	0,32	7,50	14496,69	4048,94
5+860,000	0,00	6,19	0,00	35,64	14497,01	4084,58
5+880,000	0,00	14,32	0,00	188,67	14497,01	4273,25
5+900,000	0,00	13,81	0,00	258,79	14497,01	4532,04
5+920,000	0,00	10,15	0,00	220,49	14497,01	4752,52
5+940,000	0,00	6,04	0,00	148,98	14497,01	4901,50
5+950,000	0,00	5,39	7,55	52,60	14497,01	4954,10
5+960,000	1,37	0,00	64,33	24,81	14504,56	4978,91
5+980,000	4,48	0,00	127,20	0,00	14568,89	4978,91
6+000,000	7,09	0,00	80,41	0,00	14696,09	4978,91
6+010,000	7,53	0,00	83,08	0,00	14776,50	4978,91
6+020,000	7,57	0,00	83,30	0,00	14859,58	4978,91
6+040,000	0,00	0,44	0,00	4,03	14942,88	4982,94
6+050,000	0,00	2,01	0,00	11,27	14942,88	4994,21

Continuación apéndice 7.

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL. ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
6+060,000	0,00	4,42	0,00	29,60	14942,88	5023,81
6+070,000	0,00	6,69	0,00	51,13	14942,88	5074,94
6+080,000	0,00	7,46	0,00	65,11	14942,88	5140,06
6+100,000	0,00	6,33	0,00	126,85	14942,88	5266,91
6+110,000	0,00	9,47	0,00	72,66	14942,88	5339,57
6+120,000	0,00	7,19	0,00	76,65	14942,88	5416,22
6+140,000	0,00	7,11	0,00	131,59	14942,88	5547,81
6+160,000	0,00	8,46	0,00	143,21	14942,88	5691,02
6+180,000	0,00	8,39	0,00	155,00	14942,88	5846,02
6+190,000	0,00	5,80	0,00	65,25	14942,88	5911,27
6+200,000	0,00	4,63	0,00	47,94	14942,88	5959,22
6+220,000	0,00	2,12	7,46	62,05	14942,88	6021,27
6+240,000	0,68	0,00	15,19	19,48	14950,34	6040,75
6+250,000	2,08	0,00	18,63	0,00	14965,53	6040,75
6+260,000	1,30	0,00	14,34	0,00	14984,16	6040,75
6+280,000	0,00	2,58	3,82	23,75	14998,50	6064,50
6+300,000	0,35	0,48	3,82	28,17	15002,33	6092,67
6+320,000	0,00	2,48	0,00	27,21	15006,15	6119,88
6+330,000	0,00	2,24	0,00	21,69	15006,15	6141,57
6+340,000	0,00	2,73	0,00	22,85	15006,15	6164,43
6+350,000	0,00	3,52	0,72	28,76	15006,15	6193,18
6+360,000	0,13	2,51	1,44	27,76	15006,87	6220,94
6+380,000	0,00	2,48	4,78	45,92	15008,30	6266,86
6+400,000	0,43	0,00	9,98	22,80	15013,09	6289,66
6+410,000	1,38	0,00	18,20	0,00	15023,07	6289,66
6+420,000	1,93	0,00	15,71	0,00	15041,27	6289,66
6+430,000	0,93	0,00	5,10	0,03	15056,98	6289,69
6+440,000	0,00	1,45	0,00	6,72	15062,08	6296,42
6+450,000	0,00	4,74	0,00	28,49	15062,08	6324,90
6+460,000	0,00	6,57	0,00	52,01	15062,08	6376,92
6+480,000	0,00	7,50	0,00	129,48	15062,08	6506,40
6+490,000	0,00	6,04	0,00	62,30	15062,08	6568,70
6+500,000	0,00	4,55	2,21	48,71	15062,08	6617,41
6+520,000	0,20	1,36	37,61	54,37	15064,30	6671,77
6+540,000	3,22	0,00	70,81	12,51	15101,90	6684,28
6+550,000	9,66	0,00	96,58	0,00	15172,71	6684,28
6+560,000	7,90	0,00	63,85	0,00	15269,29	6684,28
6+570,000	3,71	0,00	37,43	0,00	15333,15	6684,28
6+580,000	3,10	0,00	34,08	0,00	15370,57	6684,28

Estación	ÁREAS (M2)		VOLUMEN (M3)		VOL. ACUMULADOS (M3)	
	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO
6+600,000	0,00	1,00	0,00	9,20	15404,66	6693,49
6+610,000	0,00	1,48	0,26	11,42	15404,66	6704,90
6+620,000	0,05	0,54	45,18	9,31	15404,92	6714,21
6+640,000	4,06	0,00	43,29	4,99	15450,10	6719,21
6+650,000	3,81	0,00	52,04	0,00	15493,39	6719,21
6+660,000	5,65	0,00	201,05	0,00	15545,43	6719,21
6+680,000	12,63	0,00	162,39	0,00	15746,48	6719,21
6+690,000	16,90	0,00	166,60	0,00	15908,87	6719,21
6+700,000	13,39	0,00	242,22	0,00	16075,47	6719,21
6+720,000	8,63	0,00	139,01	0,00	16317,69	6719,21
6+740,000	4,01	0,00	33,34	0,00	16456,70	6719,21
6+750,000	2,05	0,00	11,71	0,00	16490,04	6719,21
6+760,000	0,08	0,73	18,34	3,36	16501,75	6722,56
6+780,000	1,59	0,00	17,98	6,72	16520,09	6729,28
6+800,000	0,05	0,53	0,50	4,83	16538,07	6734,11
6+820,000	0,00	2,79	0,00	30,46	16538,57	6764,57
6+840,000	0,00	1,35	6,86	38,06	16538,57	6802,63
6+860,000	0,62	0,00	22,75	12,44	16545,43	6815,06
6+880,000	1,45	0,00	16,79	0,00	16568,18	6815,07
6+890,000	1,61	0,00	12,88	0,00	16584,97	6815,07
6+900,000	0,74	0,00	11,27	0,00	16597,85	6815,07
6+920,000	0,29	0,03	32,03	0,32	16609,12	6815,38
6+940,000	2,62	0,00	81,76	0,32	16641,16	6815,70
6+960,000	4,81	0,00	56,14	0,00	16722,92	6815,70
6+970,000	5,40	0,00	47,28	0,00	16779,06	6815,70
6+980,000	3,20	0,00	35,20	0,00	16826,34	6815,70
7+000,000	0,00	0,69	0,00	6,36	16861,54	6822,06
7+020,000	0,00	1,28	13,53	18,17	16861,54	6840,23
7+040,000	1,23	0,00	20,83	11,81	16875,07	6852,04
7+050,000	2,56	0,00	22,99	0,00	16895,91	6852,04
7+060,000	1,62	0,00	13,75	0,00	16918,89	6852,04
7+070,000	0,88	0,00	6,37	0,00	16932,64	6852,04
7+080,000	0,28	0,05	2,05	0,21	16939,01	6852,24
7+090,000	0,09	0,18	0,51	1,02	16941,06	6853,27
7+100,000	0,00	1,72	0,00	8,71	16941,56	6861,97
7+120,000	0,00	5,13	0,00	62,99	16941,56	6924,96
7+130,000	0,00	6,07	0,00	51,51	16941,56	6976,47
7+140,000	0,00	2,27	0,00	38,33	16941,56	7014,81

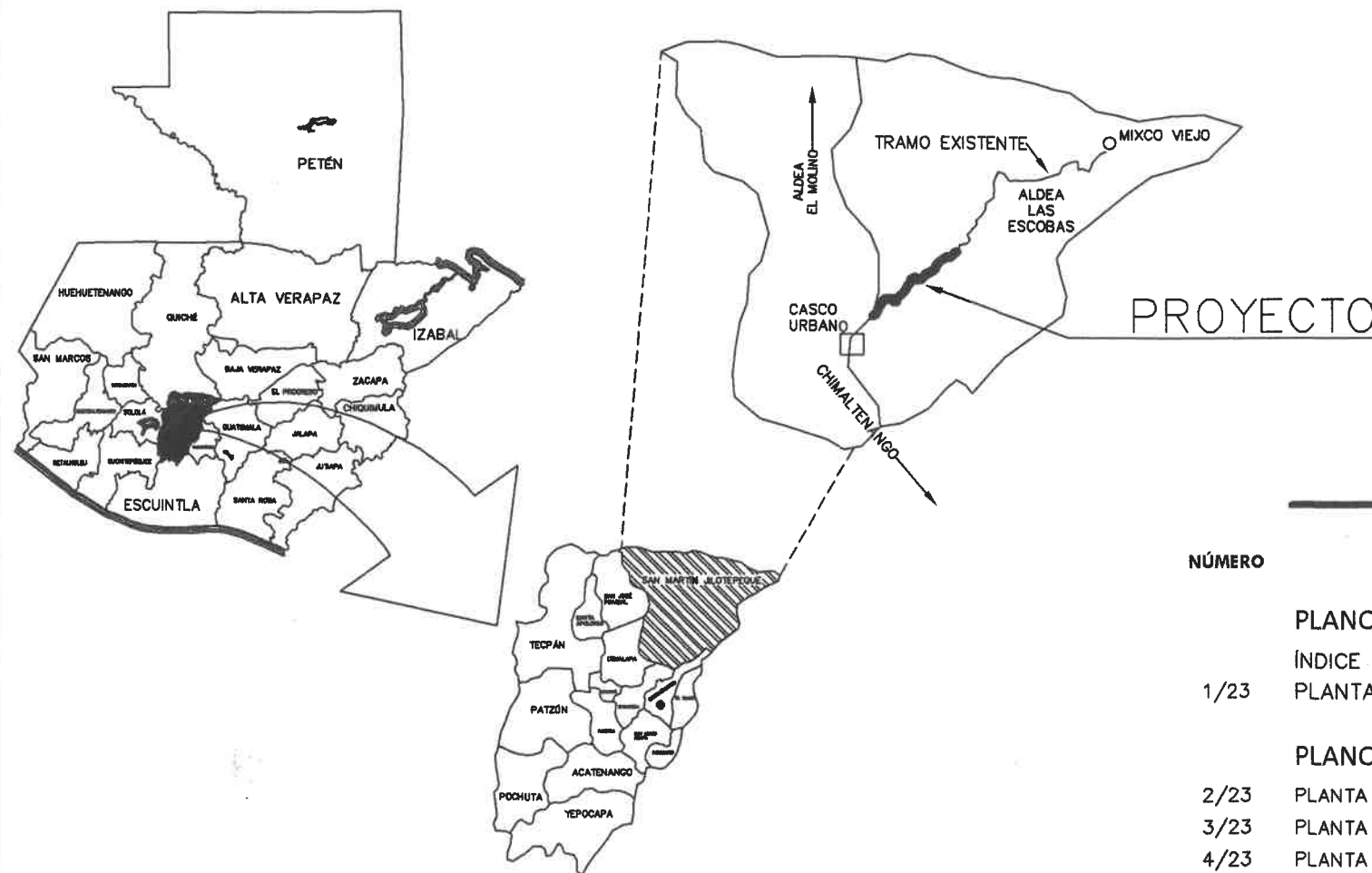
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Planos constructivos del tramo carretero**

REPÚBLICA DE GUATEMALA

PROYECTO:

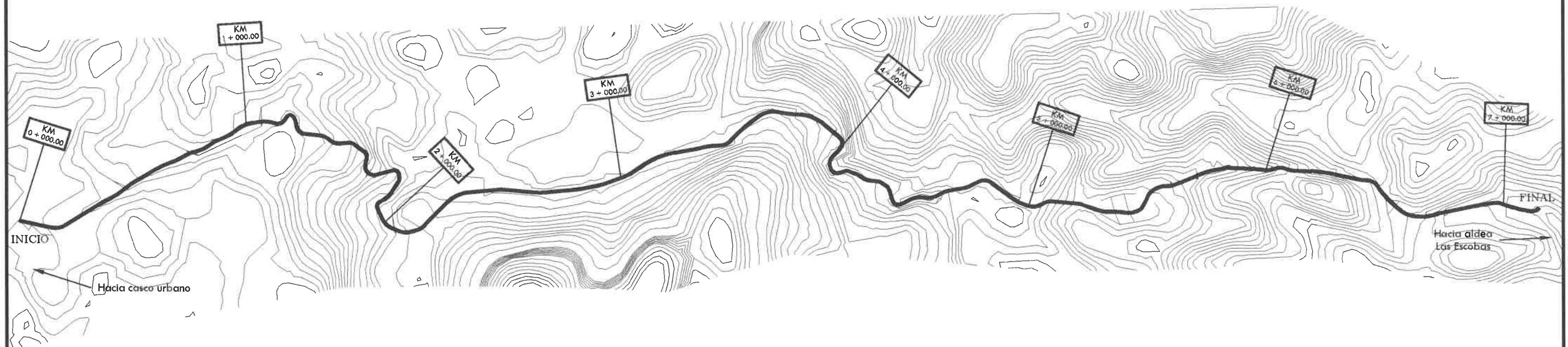
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO



LONGITUD DEL EJE CENTRAL: 7 + 142.40 Km

ÍNDICE

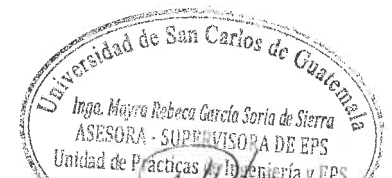
NÚMERO	CONTENIDO	NÚMERO	CONTENIDO
PLANOS GENERALES		PLANOS PLANTA Y PERFIL	
1/23	ÍNDICE PLANTA GENERAL	9/23	PLANTA Y PERFIL Km. 5+130.00 A Km 5+880.00
		10/23	PLANTA Y PERFIL Km. 5+880.00 A Km 6+480.00
		11/18	PLANTA Y PERFIL Km. 6+480.00 A Km 7+142.40
PLANOS PLANTA Y PERFIL		PLANOS SECCIONES	
2/23	PLANTA Y PERFIL Km. 0+000.00 A Km 0+760.00	12 al 21/23	SECCIONES TRANSVERSALES
3/23	PLANTA Y PERFIL Km. 0+760.00 A Km 1+480.00		
4/23	PLANTA Y PERFIL Km. 1+480.00 A Km 2+100.00		
5/23	PLANTA Y PERFIL Km. 2+100.00 A Km 2+860.00		
6/23	PLANTA Y PERFIL Km. 2+860.00 A Km 3+620.00		
7/23	PLANTA Y PERFIL Km. 3+620.00 A Km 4+380.00	DETALLES	
8/23	PLANTA Y PERFIL Km. 4+380.00 A Km 5+130.00	22/23	DETALLES
		23/23	DETALLES DRENAJES





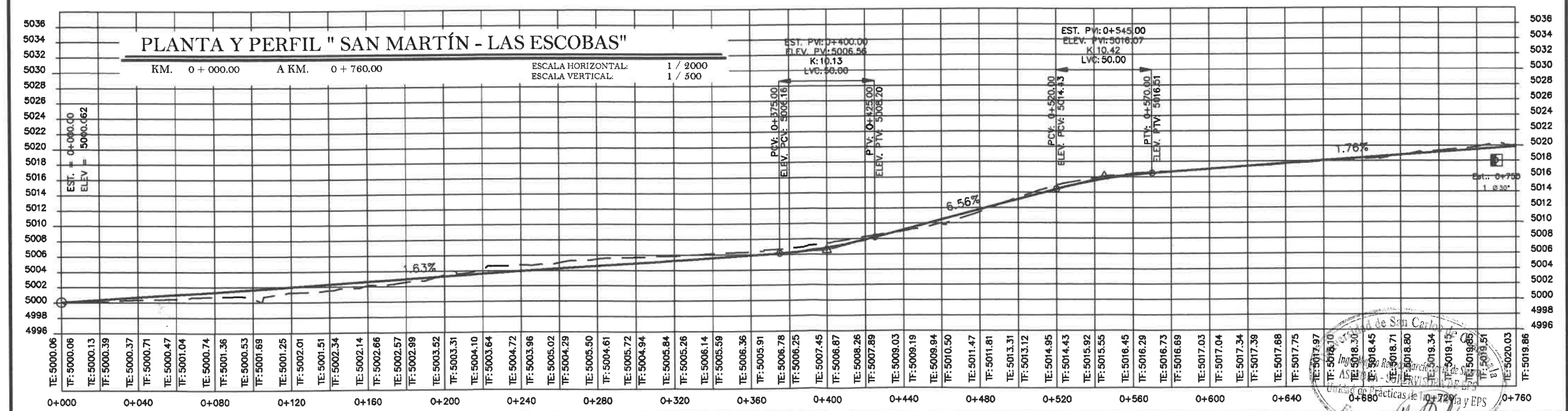
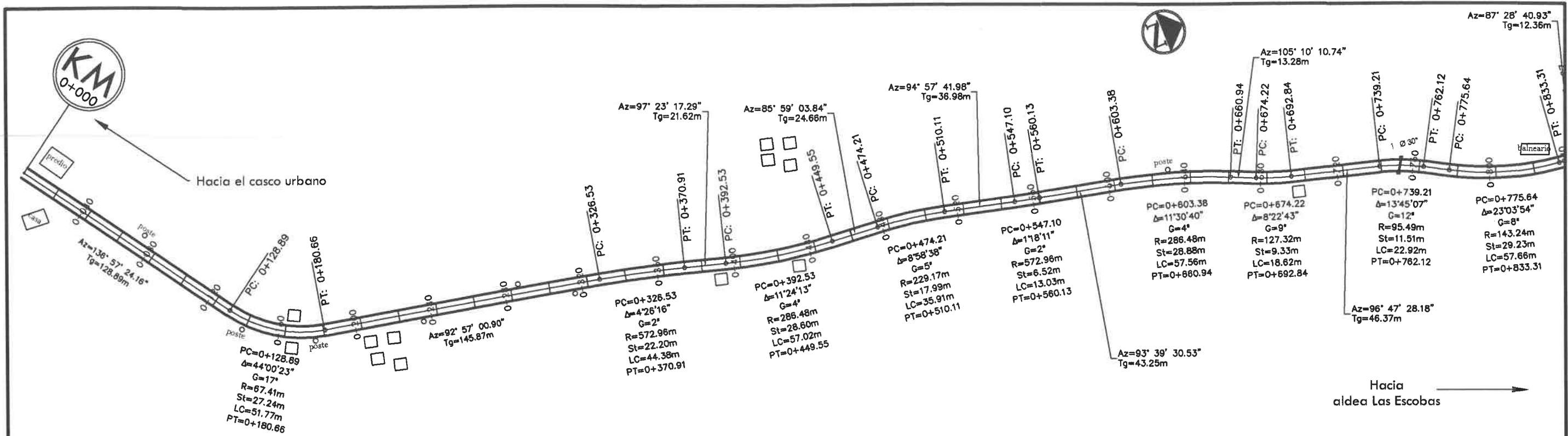
PLANTA GENERAL " SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS "

KM. 0 + 000.00 A KM. 7 + 000.00

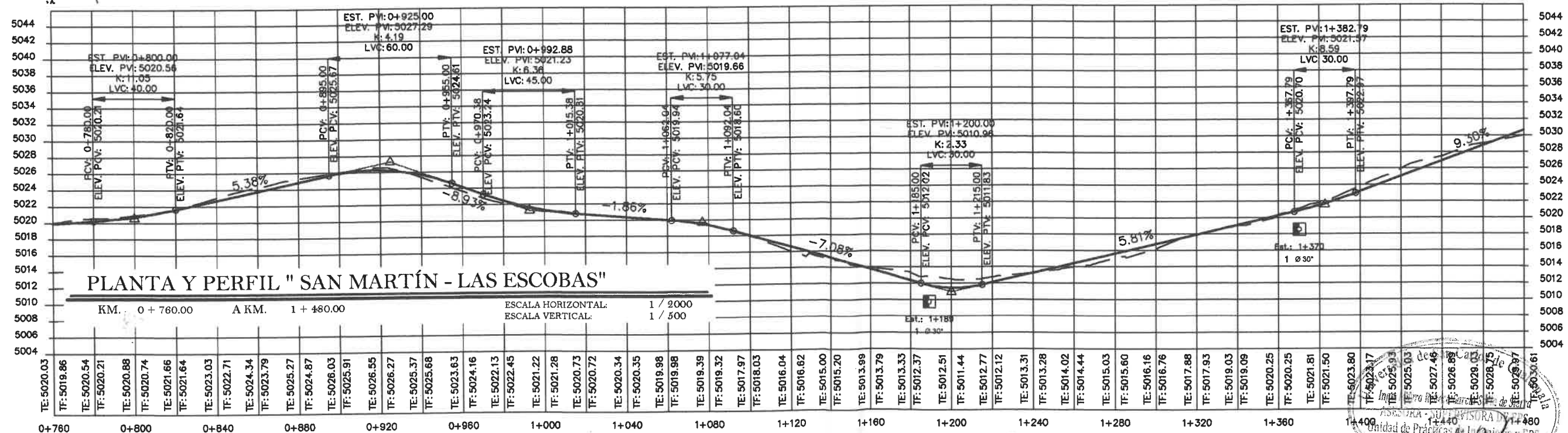
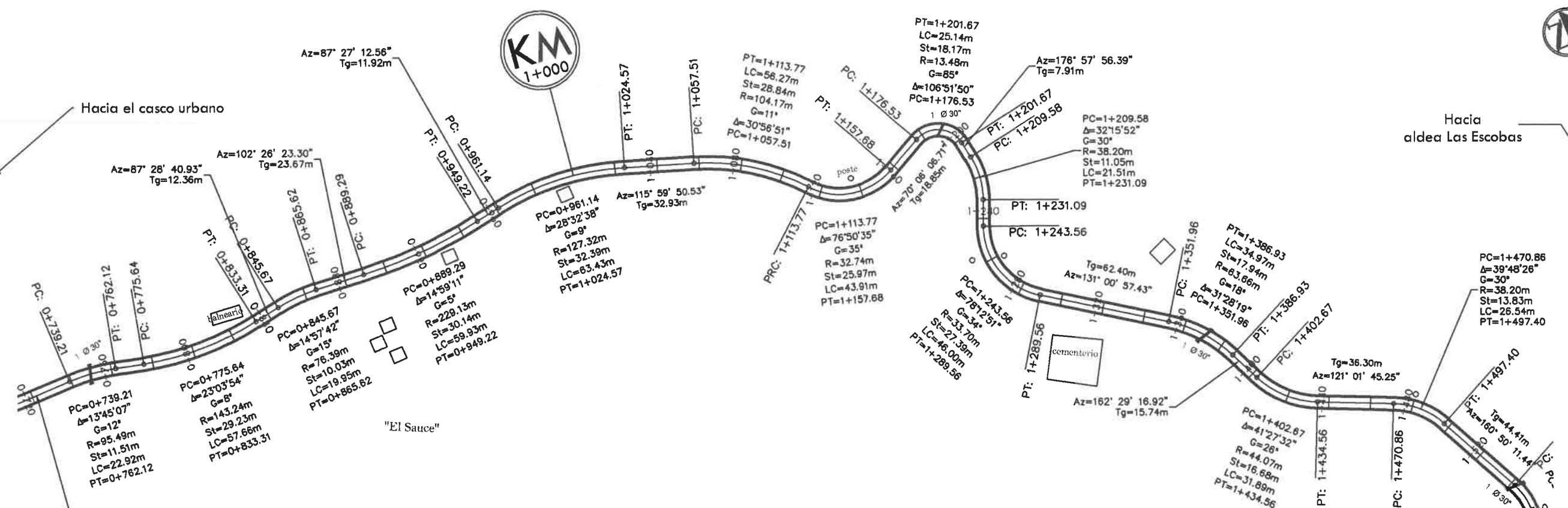
ESCALA HORIZONTAL: 1 / 20000



	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	PROYECTO: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	CONTENIDO: PLANTA GENERAL	CÁLCULO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	FECHA:		HOJA 1 / 23
				DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	DIBUJO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN		
				ASESOR: INGA. MAYRA GARCÍA	ESCALA: INDICADA		



	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO:	CONTENIDO:	CÁLCULO:	FECHA:		HOJA:
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	PLANTA Y PERFIL	LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN			2
	FACULTAD DE INGENIERIA		KM. 0 + 000.00 KM. 0 + 760.00	DISEÑO:	LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN		23
				ASESOR:	INGA MAYRA GARCÍA		ESCALA: INDICADA



PLANTA Y PERFIL "SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS"

KM. 0 + 760.00 A KM. 1 + 480.00

ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000
ESCALA VERTICAL: 1 / 500

TE: 5020.03	TF: 5019.86	TE: 5020.54	TF: 5020.21	TE: 5020.88	TF: 5020.74	TE: 5021.66	TF: 5021.64	TE: 5023.03	TF: 5022.71	TE: 5024.34	TF: 5023.79	TE: 5025.27	TF: 5024.87	TE: 5026.03	TF: 5025.91	TE: 5026.55	TF: 5026.27	TE: 5025.37	TF: 5025.68	TE: 5023.63	TF: 5024.16	TE: 5022.13	TF: 5022.45	TE: 5021.22	TF: 5021.28	TE: 5020.73	TF: 5020.72	TE: 5020.34	TF: 5020.35	TE: 5019.98	TF: 5019.98	TE: 5019.39	TF: 5019.32	TE: 5017.97	TF: 5018.03	TE: 5016.04	TF: 5016.82	TE: 5015.00	TF: 5015.20	TE: 5013.99	TF: 5013.79	TE: 5013.33	TF: 5012.37	TE: 5012.51	TF: 5011.44	TE: 5012.77	TF: 5012.12	TE: 5013.31	TF: 5013.28	TE: 5014.02	TF: 5014.44	TE: 5015.03	TF: 5015.60	TE: 5016.16	TF: 5016.76	TE: 5017.88	TF: 5017.93	TE: 5019.03	TF: 5019.09	TE: 5020.25	TF: 5020.25	TE: 5021.81	TF: 5021.50	TE: 5023.80	TF: 5023.17	TE: 5025.93	TF: 5025.03	TE: 5027.46	TF: 5026.89	TE: 5028.03	TF: 5028.75	TE: 5029.97	TF: 5029.61
0+760	0+800	0+840	0+880	0+920	0+960	1+000	1+040	1+080	1+120	1+160	1+200	1+240	1+280	1+320	1+360	1+400	1+440	1+480																																																							



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

PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO

CONTENIDO:
PLANTA Y PERFIL
KM. 0 + 760.00 KM. 1 + 480.00

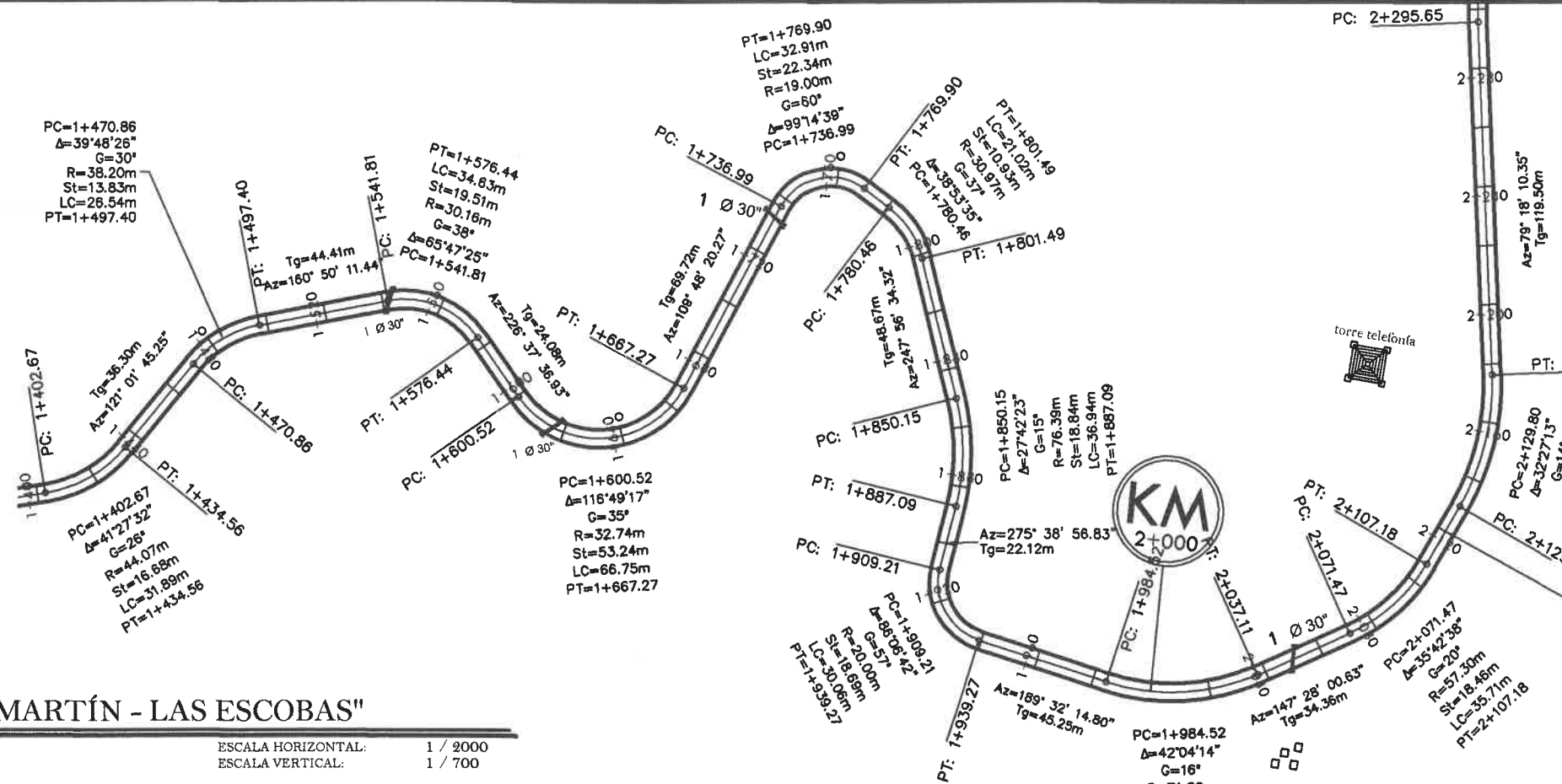
CÁLCULO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ASESOR: INGA MAYRA GARCÍA

FECHA:
DIBUJO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ESCALA: INDICADA

ASESORA: INGA MAYRA GARCÍA
ASISTENTE SUPERVISOR EPS
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
EPESISTA - INGENIERIA CIVIL

HOJA:
3
23

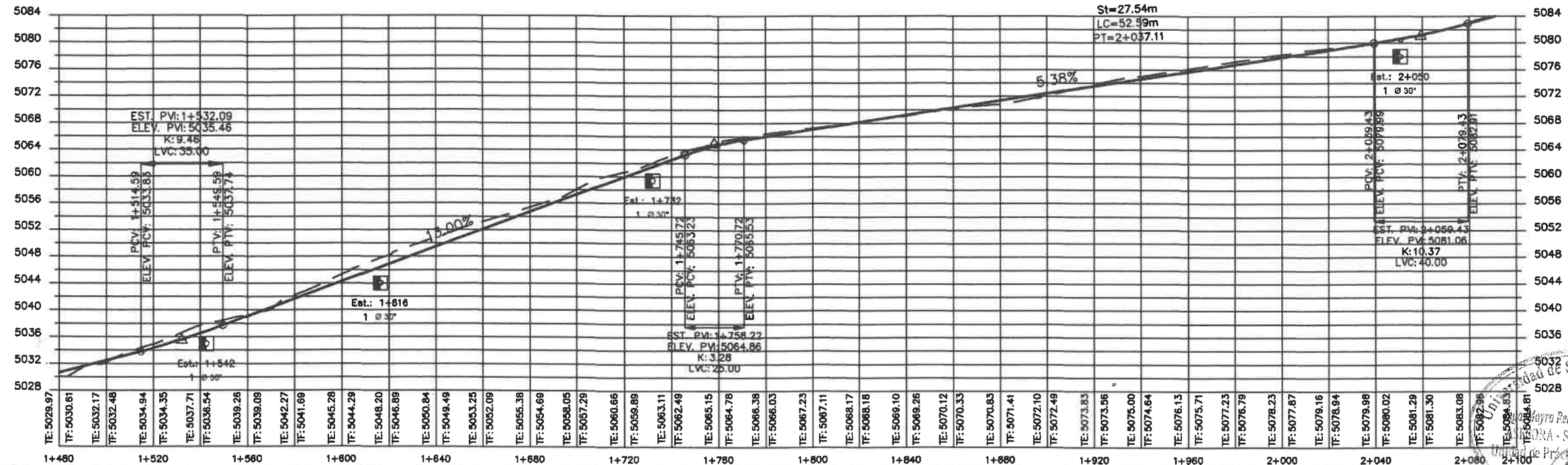
Hacia el casco urbano



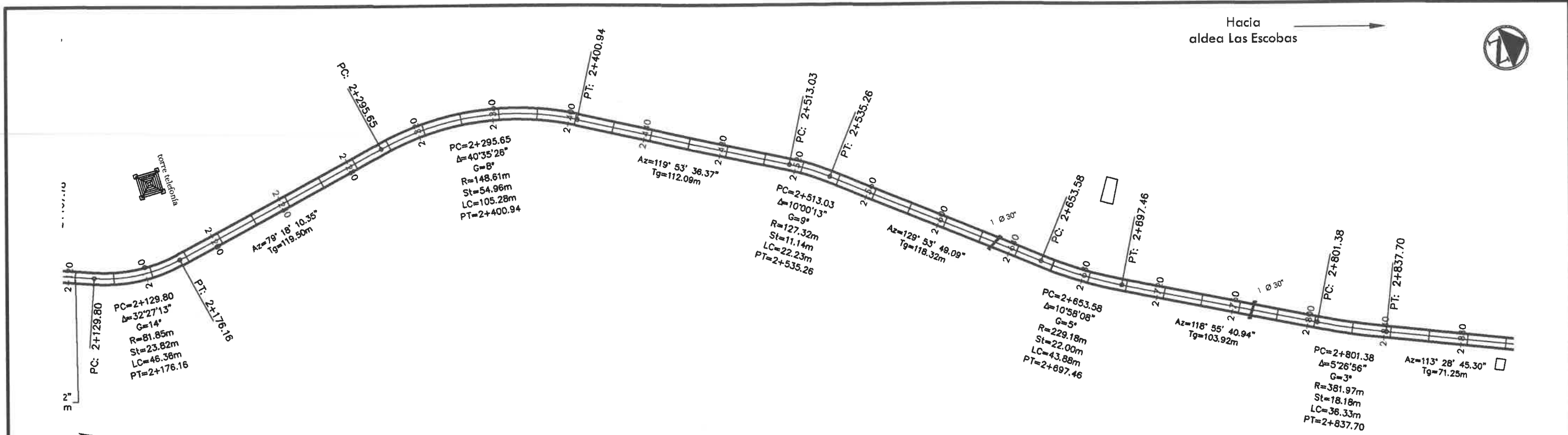
Hacia aldea Las Escobas

PLANTA Y PERFIL " SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS "

KM. 1 + 480.00 A KM. 2 + 100.00
 ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000
 ESCALA VERTICAL: 1 / 700



EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	PROYECTO: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL KM. 1 + 480.00 KM. 2 + 100.00	CÁLCULO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	FECHA: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	HOJA: 4 23
	DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	ASESOR: INGA. MAYRA GARCÍA	ESCALA: INDICADA	
	LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN EPESISTA - INGENIERIA CIVIL				

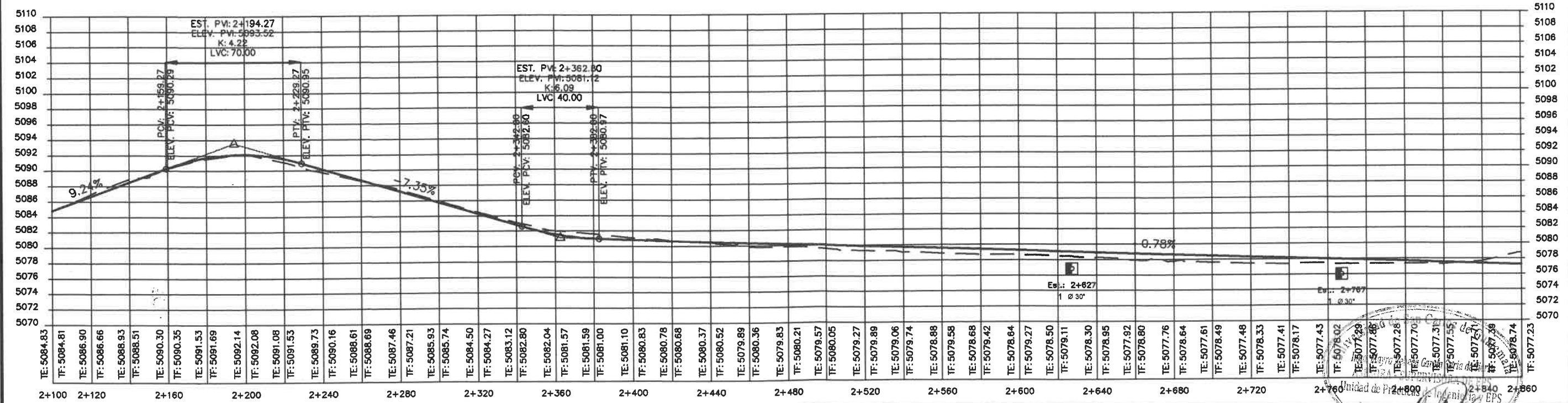


Hacia el casco urbano

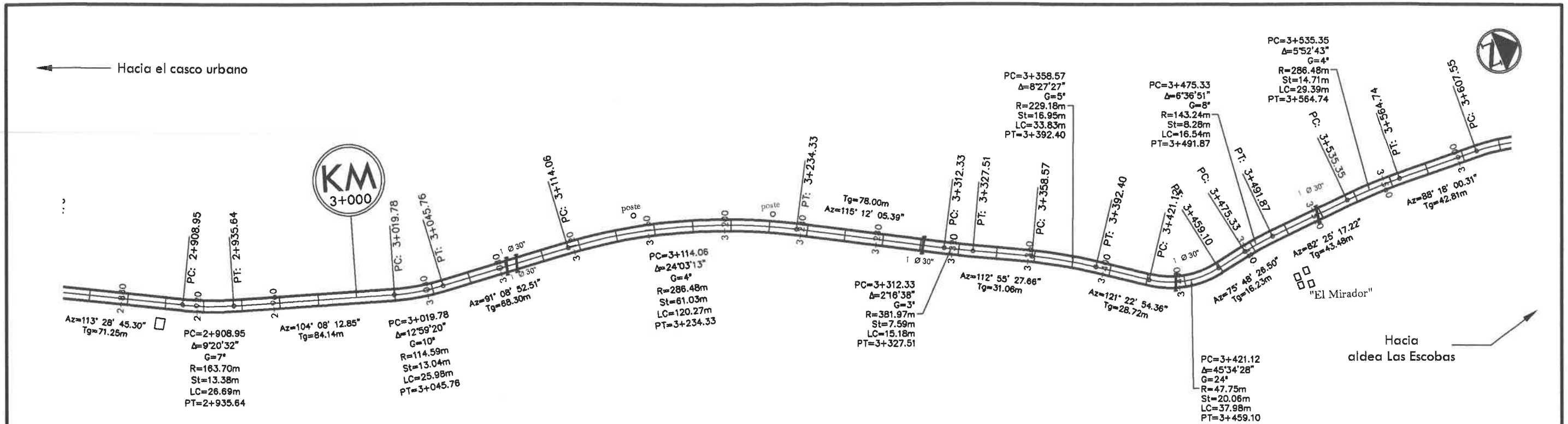
Hacia aldea Las Escobas

PLANTA Y PERFIL " SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS "

KM. 2 + 100.00 A KM. 2 + 860.00 ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000 ESCALA VERTICAL: 1 / 500

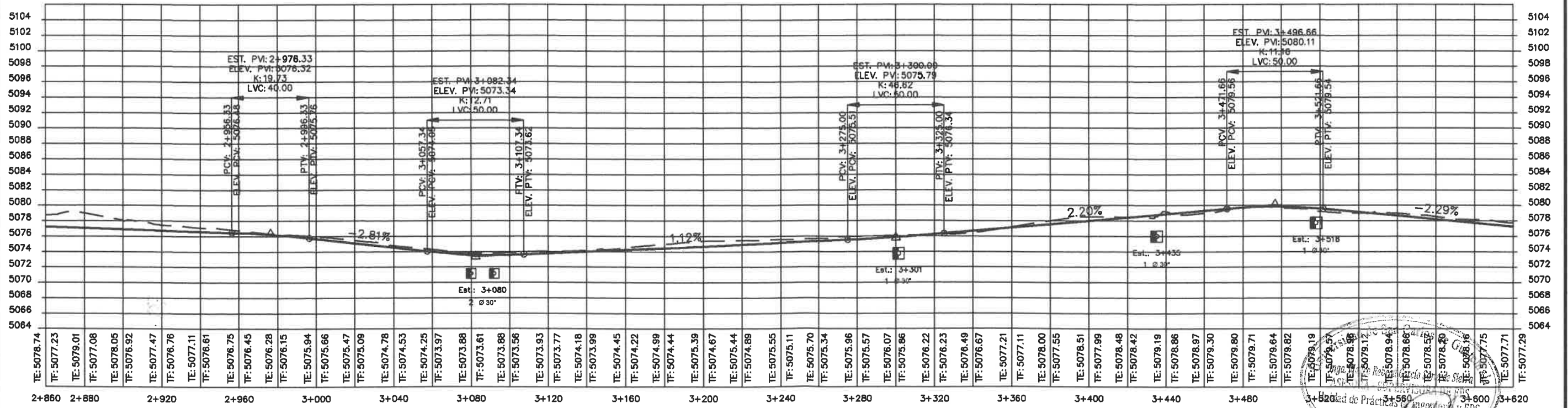


	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO:	CONTENIDO:	CÁLCULO:	FECHA:	
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	PLANTA Y PERFIL	LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN		
	FACULTAD DE INGENIERIA		KM. 2 + 100.00 KM. 2 + 860.00	DISEÑO:	LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN	
				ASESOR:	INGA MAYRA GARCÍA	



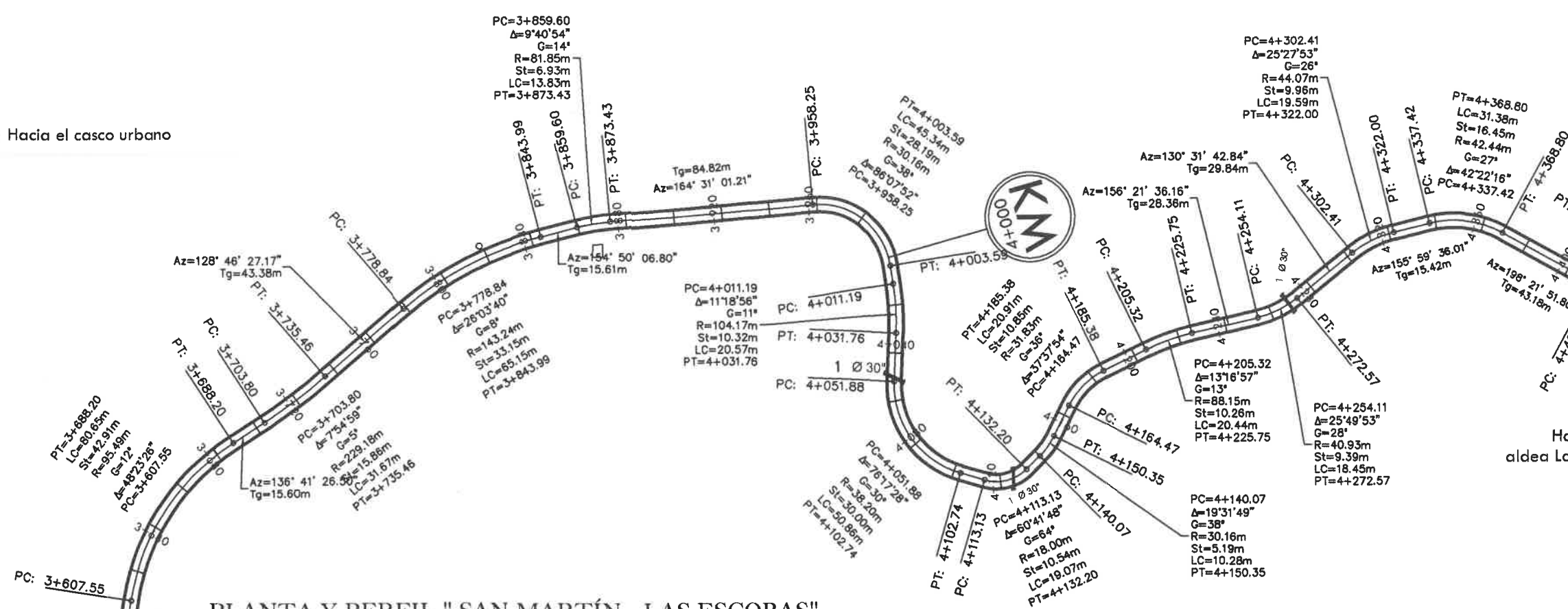
PLANTA Y PERFIL " SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS"

KM. 2 + 860.00 A KM. 3 + 620.00 ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000 ESCALA VERTICAL: 1 / 500



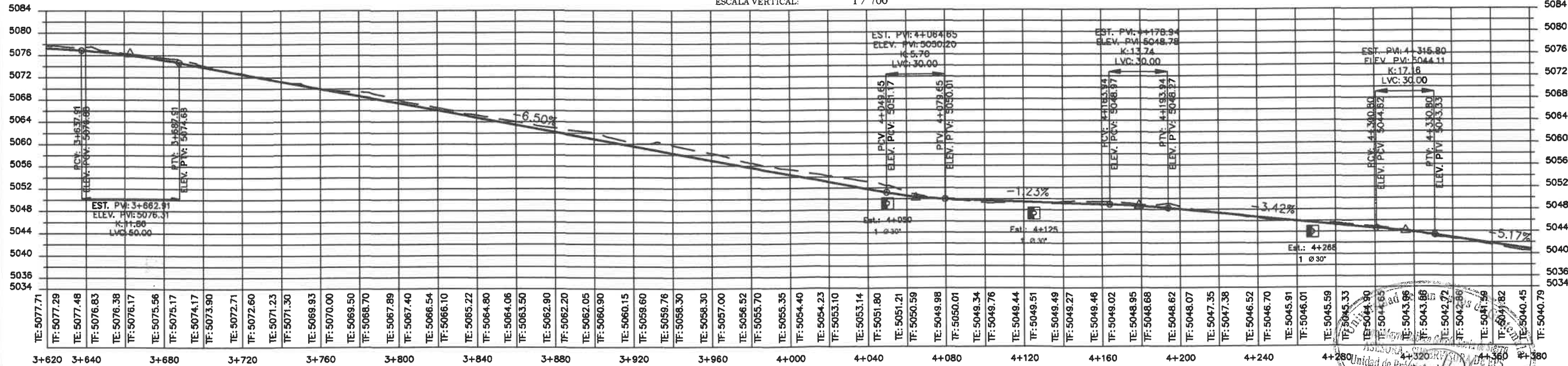
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	PROYECTO: DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL KM. 2 + 860.00 KM. 3 + 620.00	CÁLCULO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	FECHA:
				DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	DIBUJO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
				ASESOR: INGA. MAYRA GARCÍA	ESCALA: INDICADA

HOJA: **6**
23

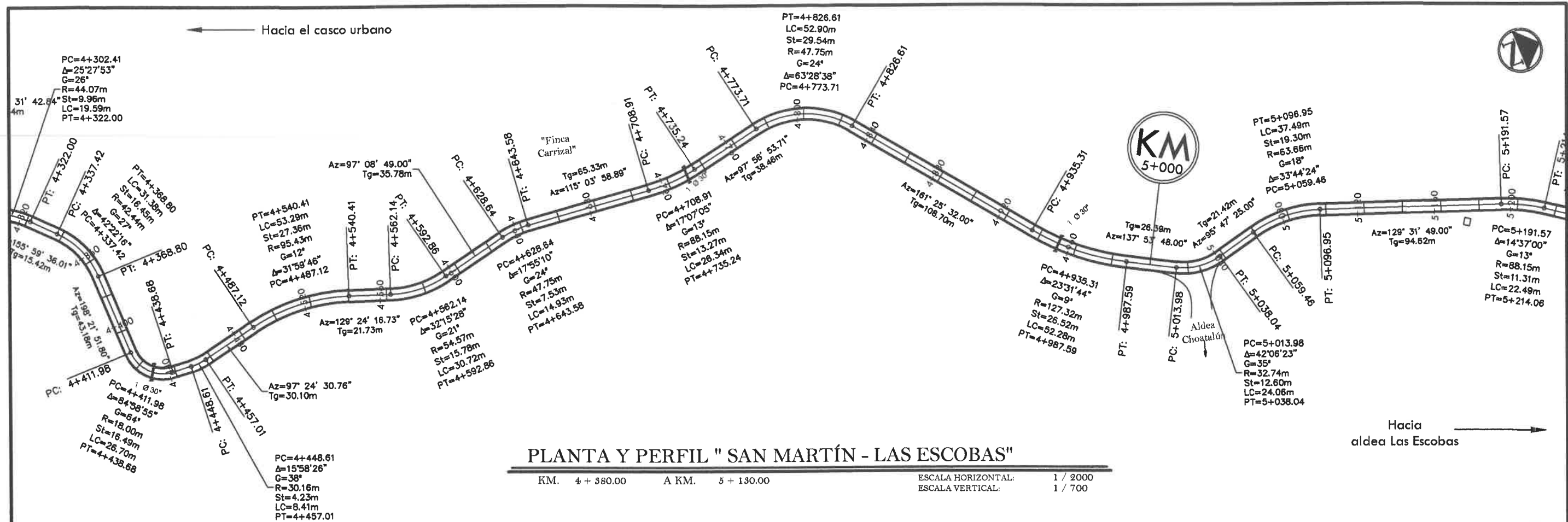


PLANTA Y PERFIL "SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS"

KM. 3 + 620.00 A KM. 4 + 380.00 ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000 ESCALA VERTICAL: 1 / 700



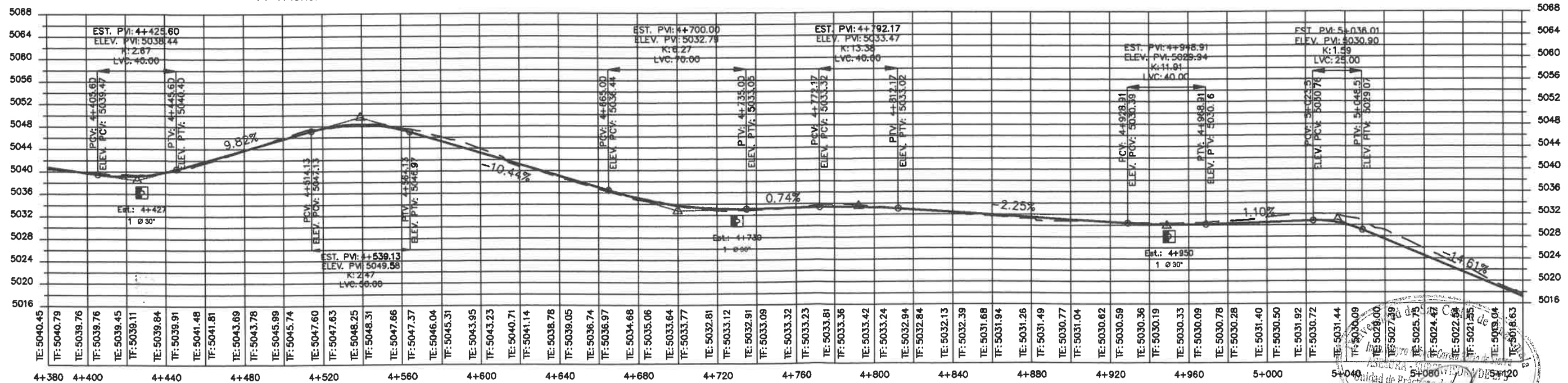
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO:	CONTENIDO:	CÁLCULO:	FECHA:
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	PLANTA Y PERFIL	LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN	
FACULTAD DE INGENIERIA			KM. 3 + 620.00 KM. 4 + 380.00	DISEÑO:	DIBUJO:
				LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN	LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
				ASESOR:	ESCALA:
				INGA. MAYRA GARCÍA	INDICADA



PLANTA Y PERFIL " SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS "

KM. 4 + 380.00 A KM. 5 + 130.00

ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000
ESCALA VERTICAL: 1 / 700



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

PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO

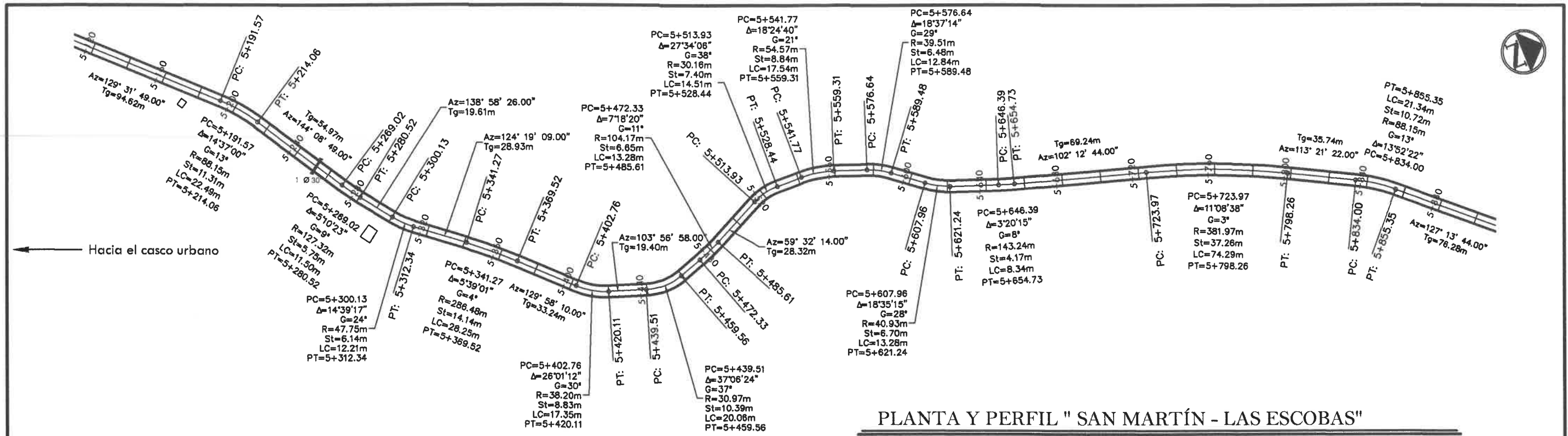
CONTENIDO:
PLANTA Y PERFIL
KM. 4 + 380.00 KM. 5 + 130.00

CÁLCULO: LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
ASESOR: INGA MAYRA GARCÍA

FECHA:
DIBUJO: LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
ESCALA: INDICADA

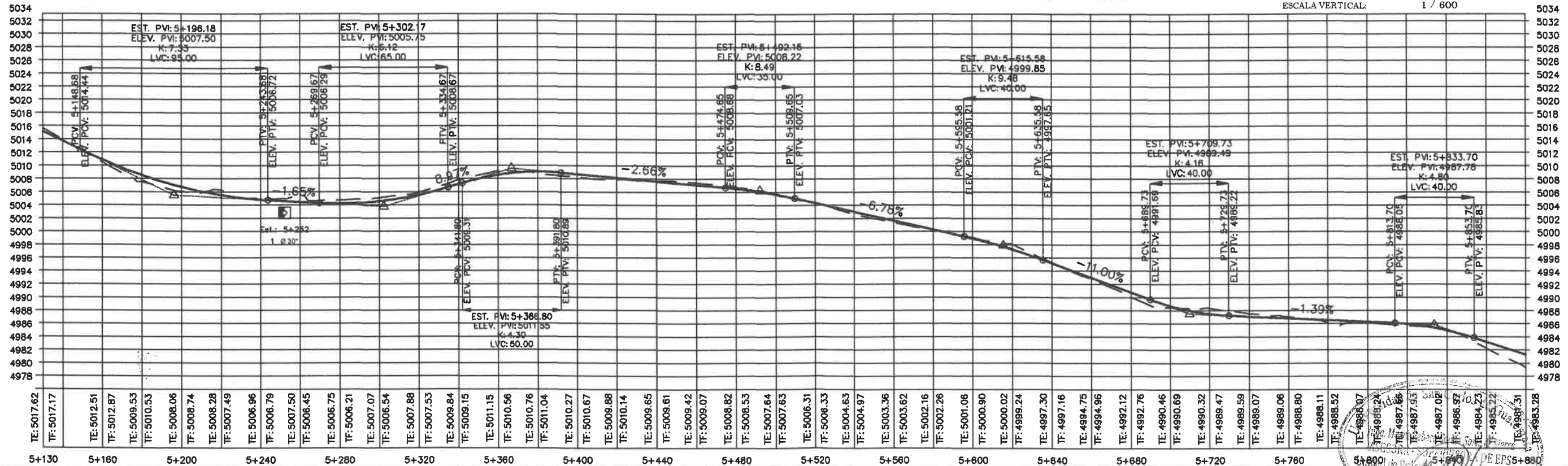
ASESOR SUPERVISOR:
LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
EPESISTA - INGENIERIA CIVIL

HOJA:
8
23

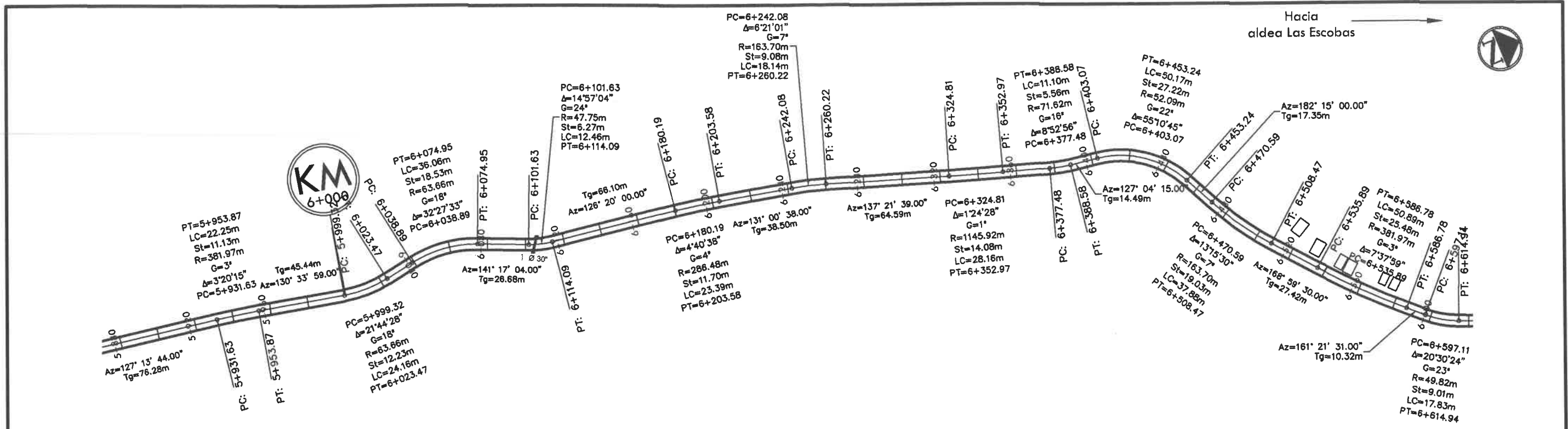


PLANTA Y PERFIL " SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS"

KM. 5 + 130.00 A KM. 5 + 880.00 ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000 ESCALA VERTICAL: 1 / 600

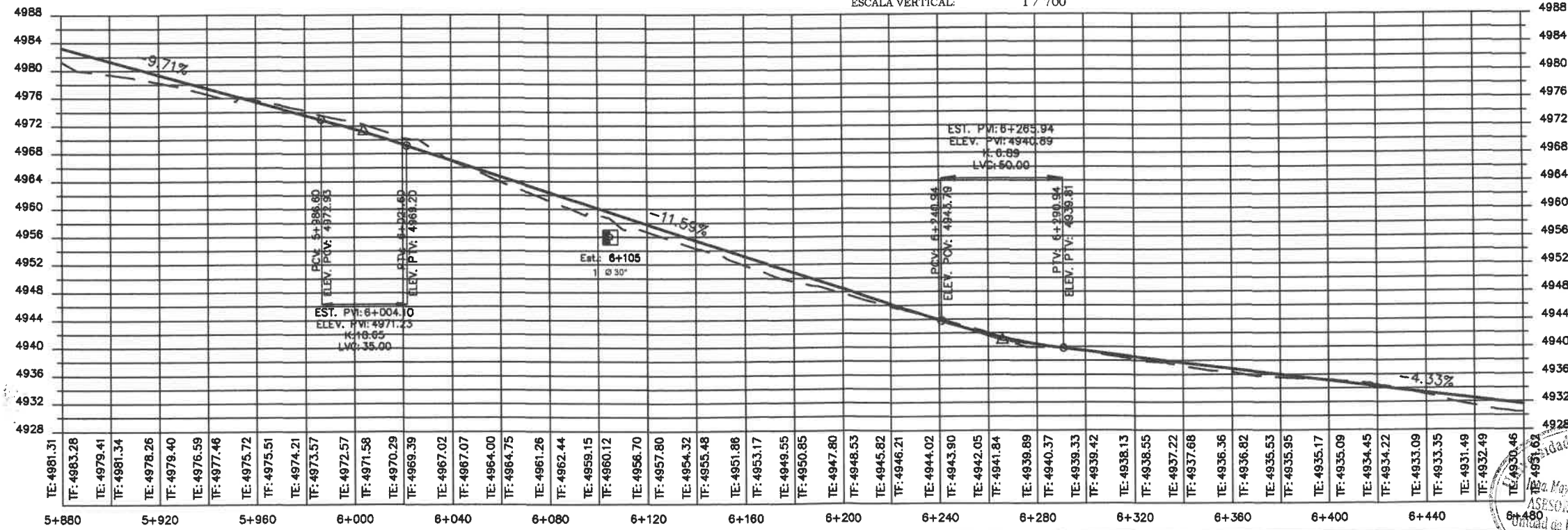


	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO:	CONTENIDO:	CÁLCULO:	FECHA:
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	PLANTA Y PERFIL	LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	
	FACULTAD DE INGENIERIA		KM. 5 + 130.00 KM. 5 + 880.00	DISEÑO:	LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
				ASESOR:	INGA. MAYRA GARCÍA
				DIBUJO:	LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
				ESCALA:	INDICADA

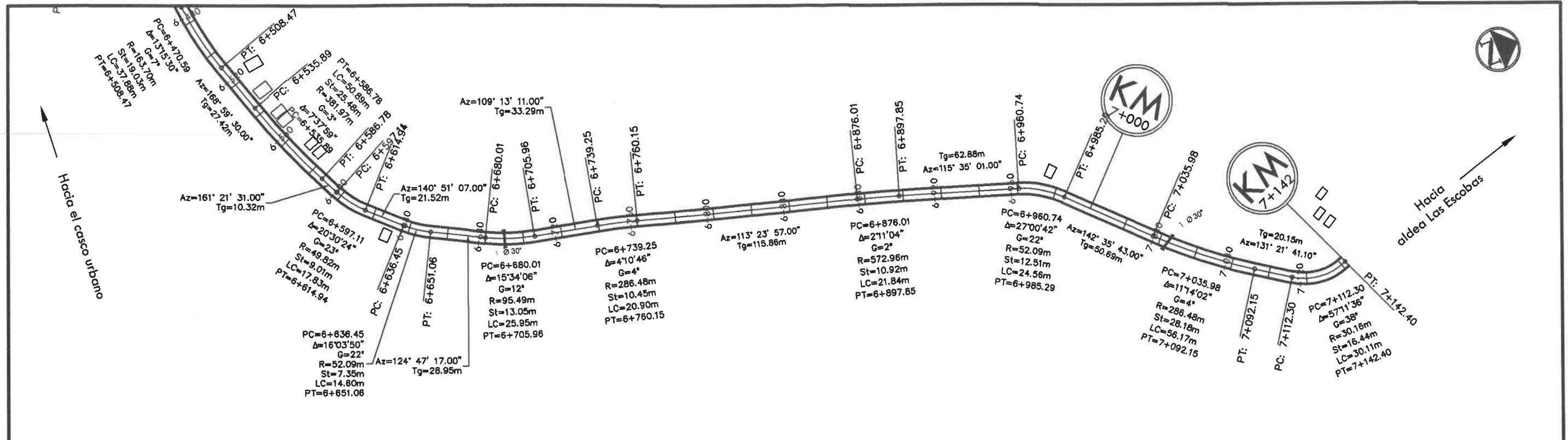


PLANTA Y PERFIL " SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS "

KM. 5 + 880.00 A KM. 6 + 480.00 ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000 ESCALA VERTICAL: 1 / 700



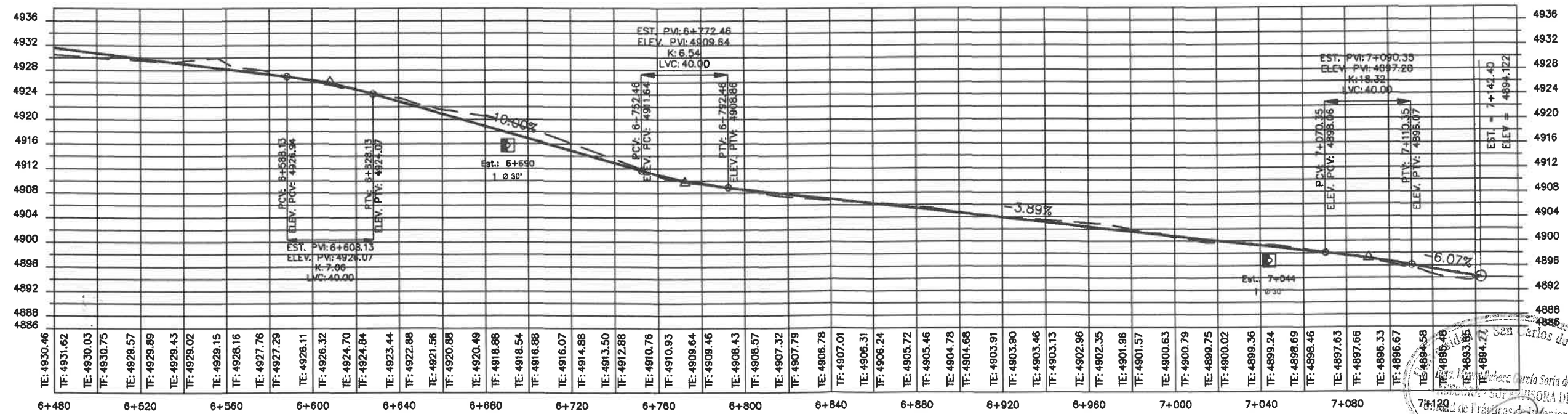
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO:	CONTENIDO:	CÁLCULO:	FECHA:	
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	PLANTA Y PERFIL	DISEÑO:	DIBUJO:	
	FACULTAD DE INGENIERIA		KM. 5 + 880.00 KM. 6 + 480.00	ASESOR:	ESCALA:	
				INGA. MAYRA GARCÍA	INDICADA	



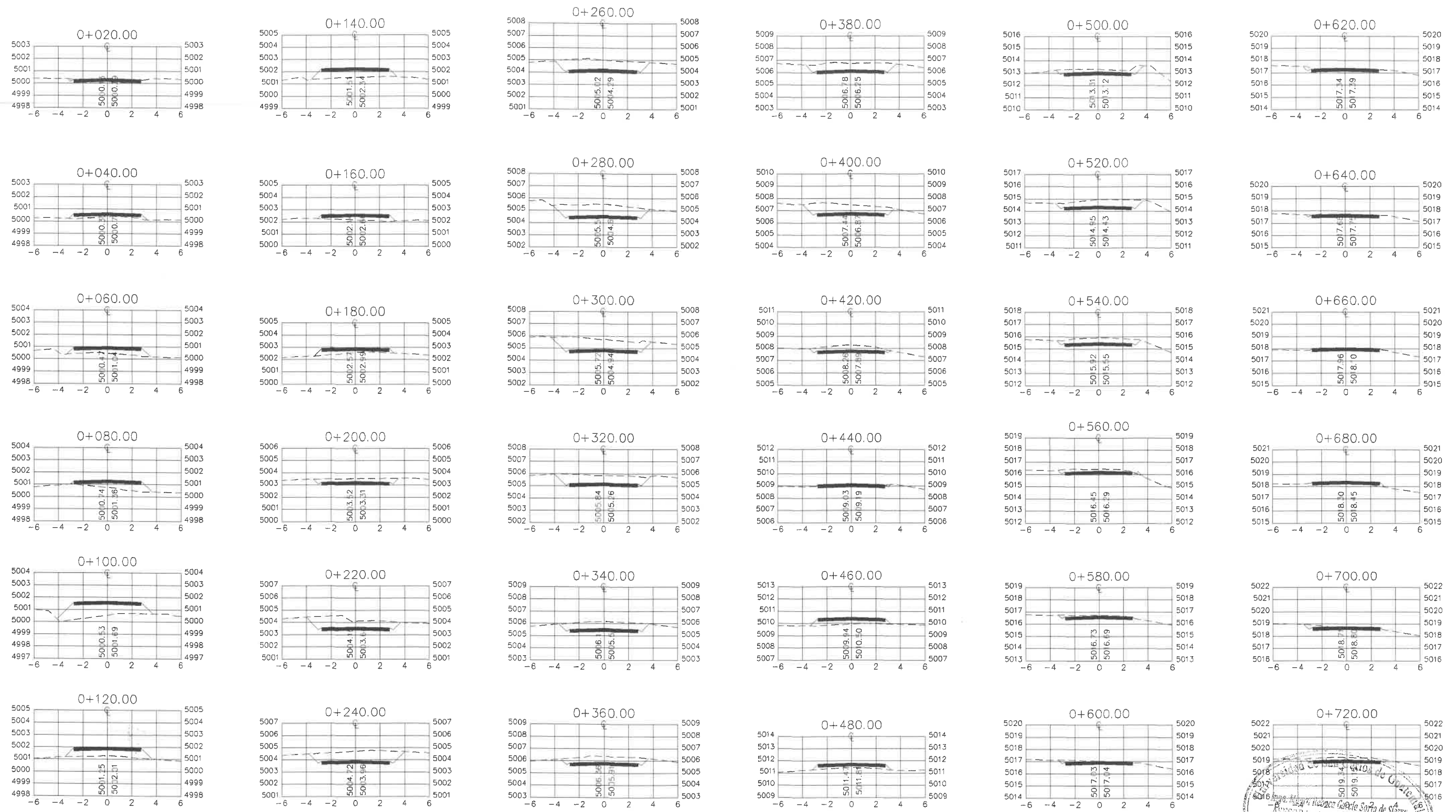
PLANTA Y PERFIL " SAN MARTÍN - LAS ESCOBAS"

KM. 6 + 480.00 A KM. 7 + 142.40

ESCALA HORIZONTAL: 1 / 2000
ESCALA VERTICAL: 1 / 700



	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO:	CONTENIDO:	CÁLCULO:	FECHA:	
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO	PLANTA Y PERFIL	DISEÑO:	DIBUJO:	
	FACULTAD DE INGENIERIA		KM. 6 + 480.00 KM. 7 + 142.40	ASESOR:	ESCALA:	
				LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN	INDICADA	



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

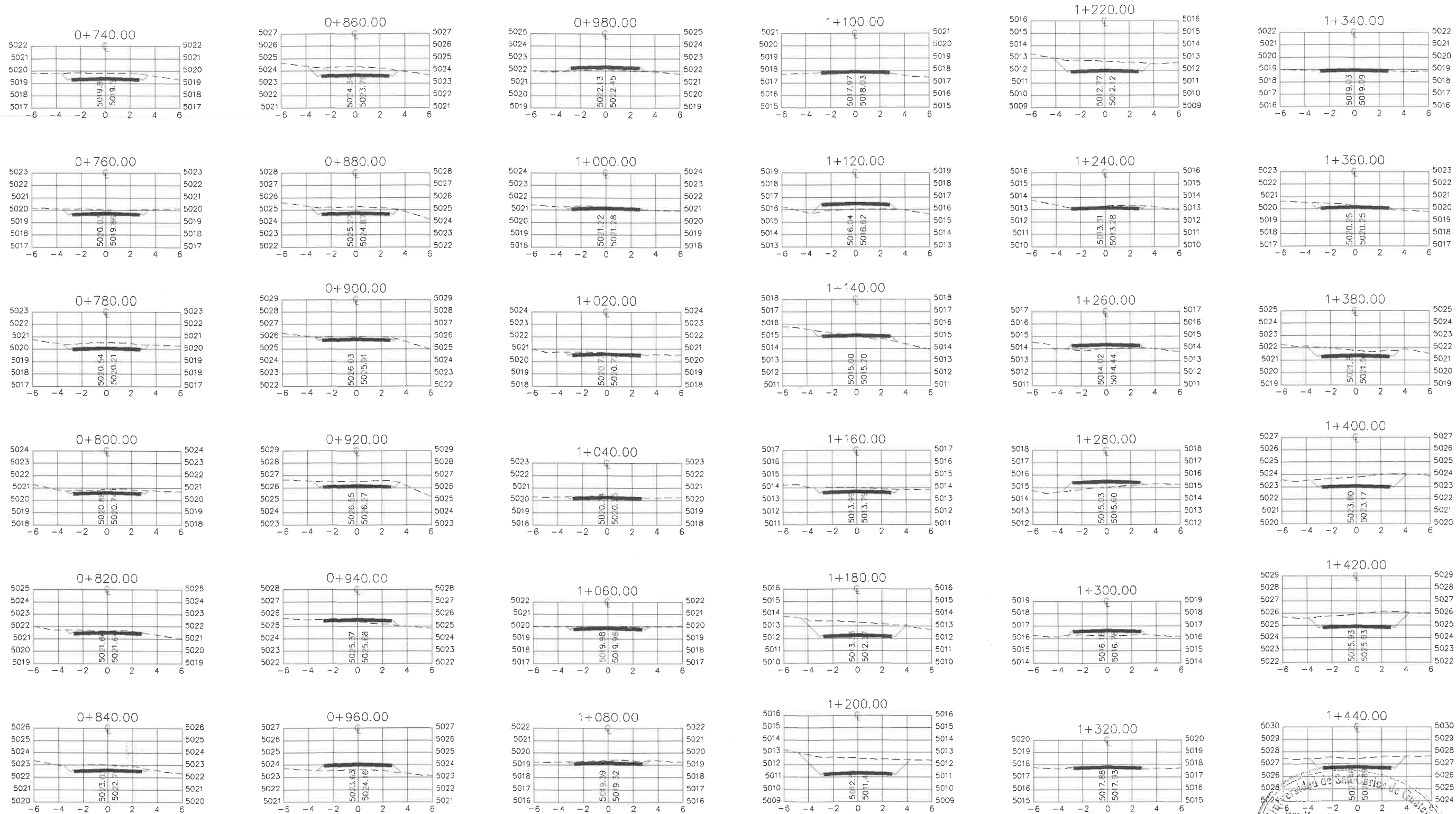
PROYECTO:
 DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
 DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
 MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
 CHIMALTENANGO

CONTENIDO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

CÁLCULO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 DISEÑO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 ASESOR:
 INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
 DIBUJO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 ESCALA:
 INDICADA

LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 EPESISTA - INGENIERIA CIVIL



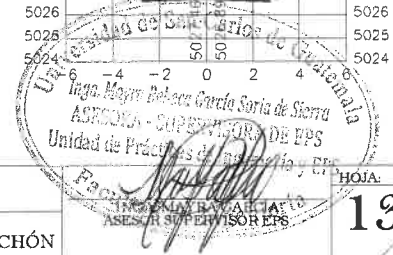
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO:
 DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
 DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
 MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
 CHIMALTENANGO

CONTENIDO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

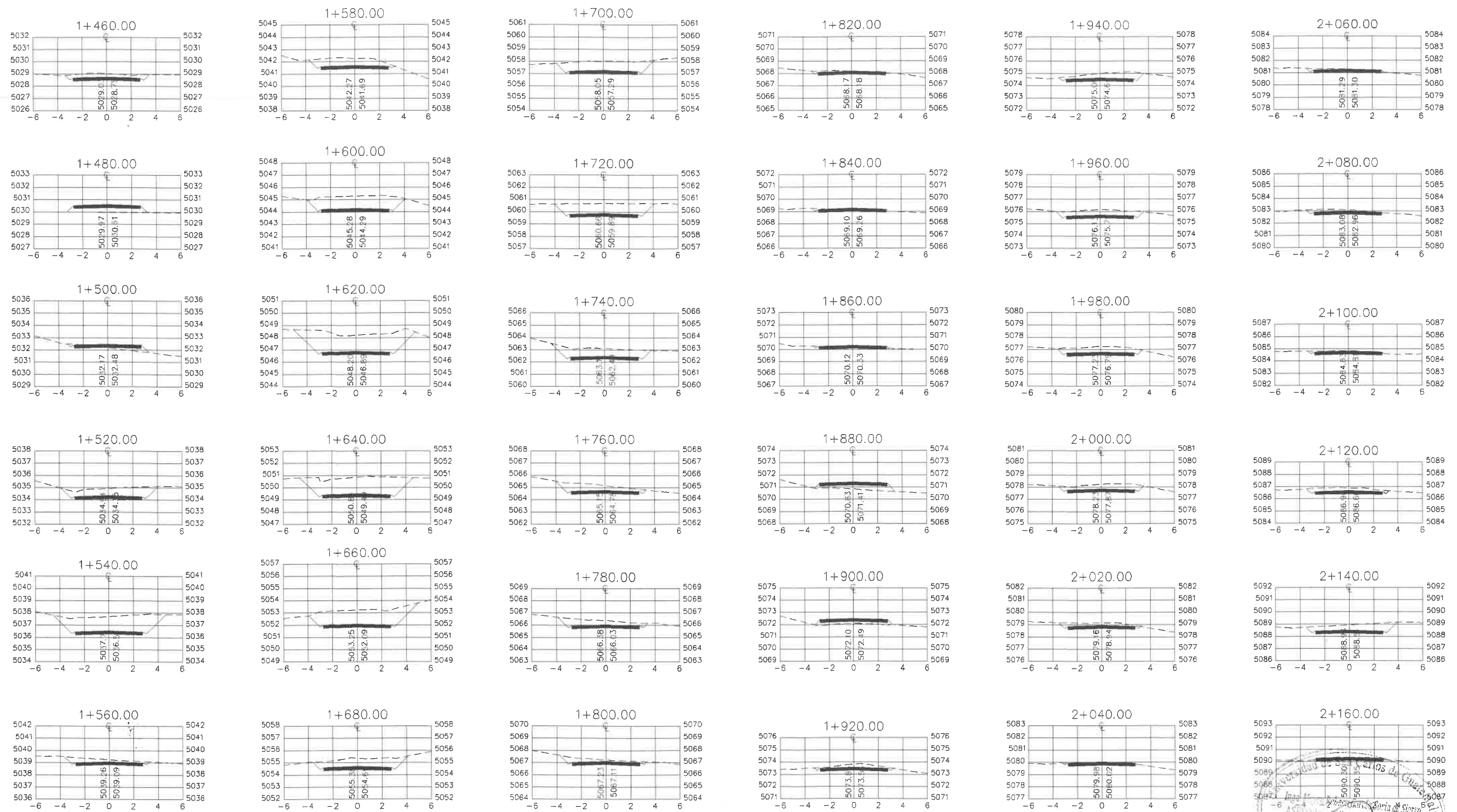
CÁLCULO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 ASESOR: INGA MAYRA GARCÍA

FECHA:
 DIBUJO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 ESCALA: INDICADA



LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 EPESISTA - INGENIERIA CIVIL

HÓJA:
 13
 23



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

PROYECTO:
 DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
 DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
 MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
 CHIMALTENANGO

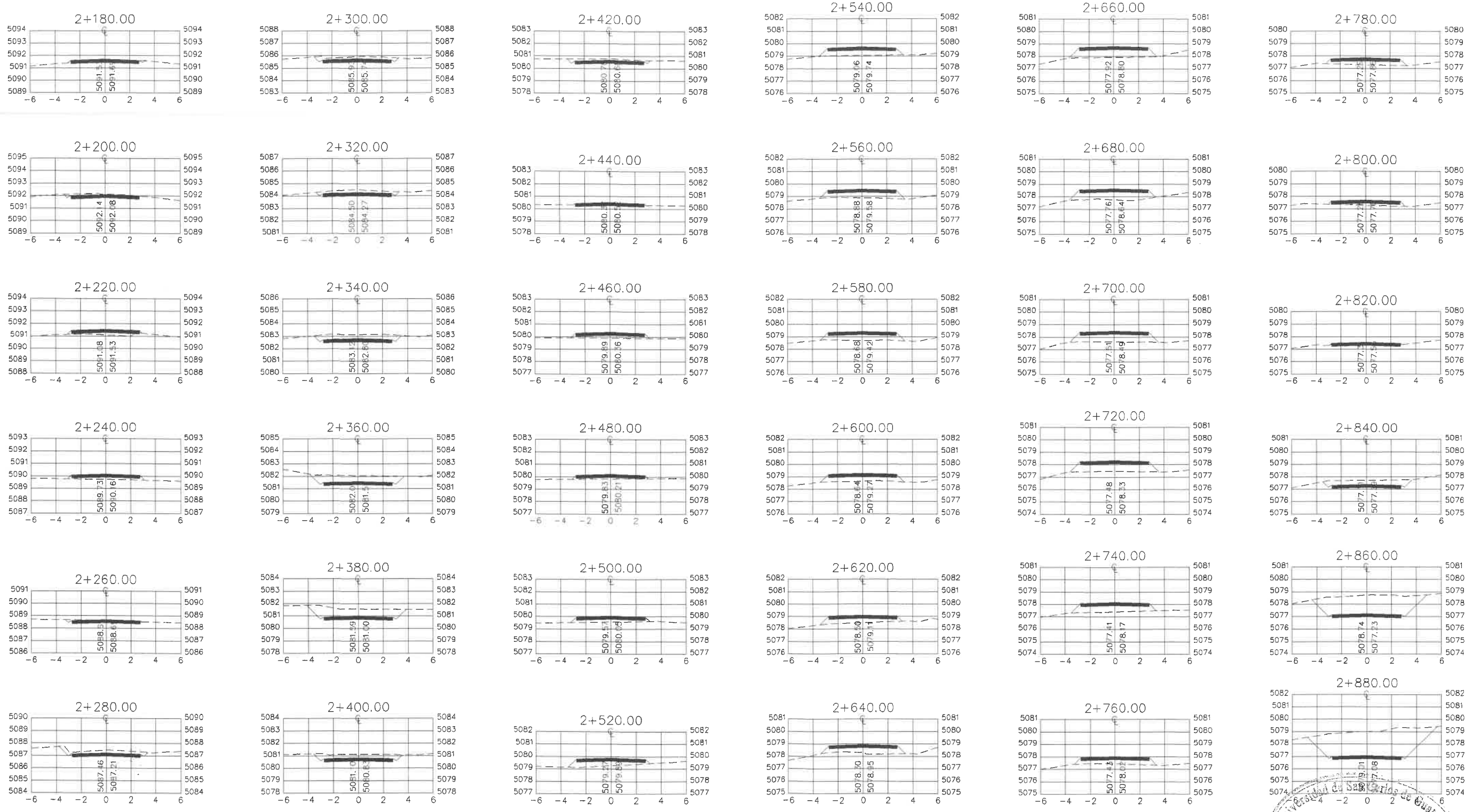
CONTENIDO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

CÁLCULO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
 DISEÑO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
 ASESOR:
 INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
 DIBUJO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
 ESCALA:
 INDICADA

Inga. Mayra García
 ASESOR SUPERVISOR EPS
 Unidad de Ingeniería y Construcción

14
23



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

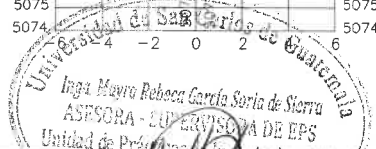
PROYECTO:
 DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
 DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
 MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
 CHIMALTENANGO

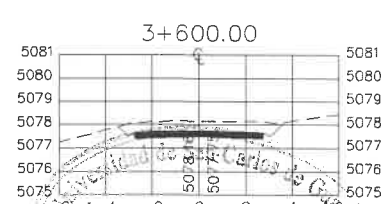
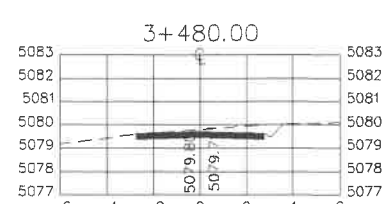
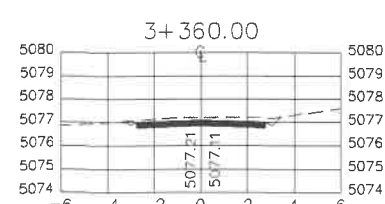
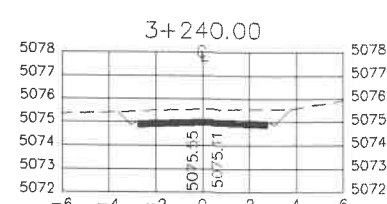
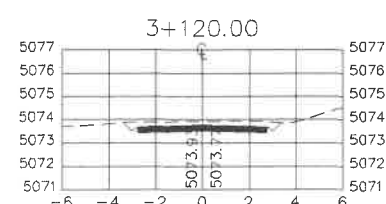
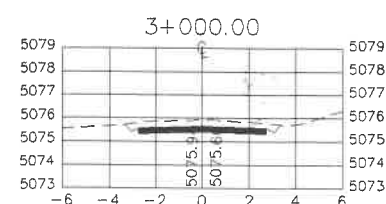
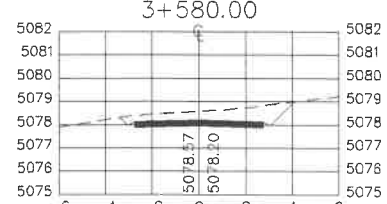
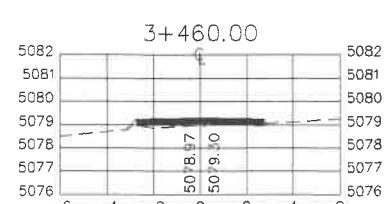
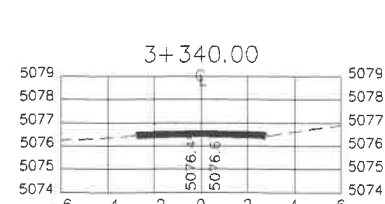
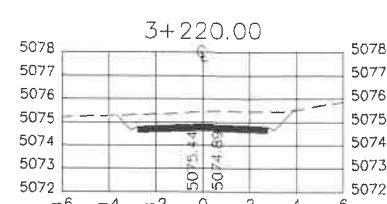
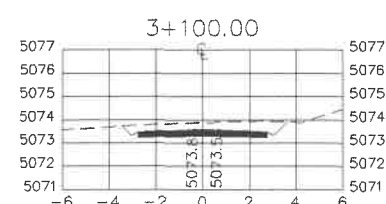
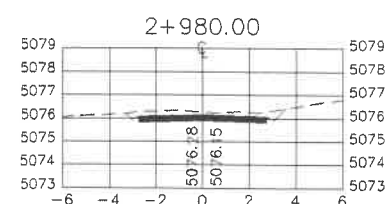
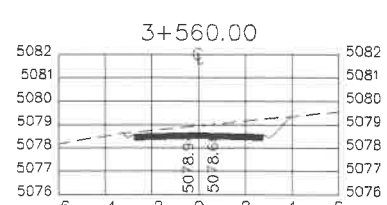
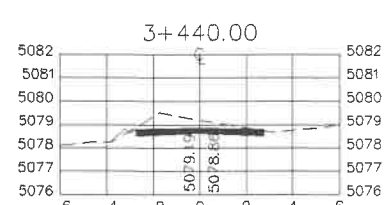
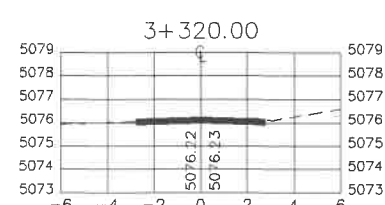
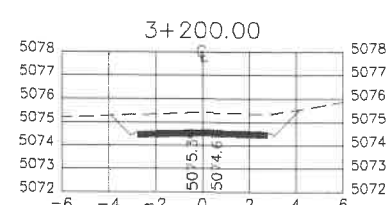
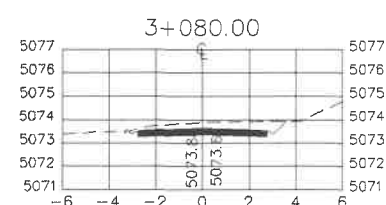
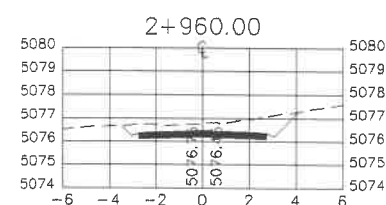
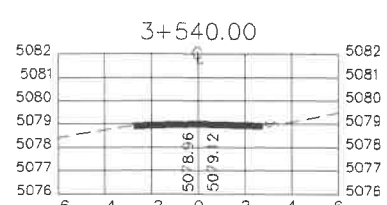
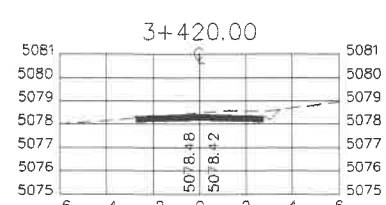
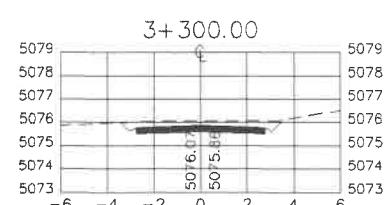
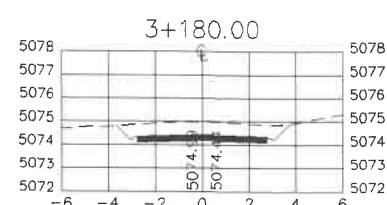
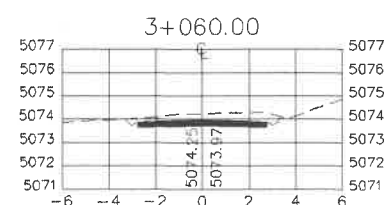
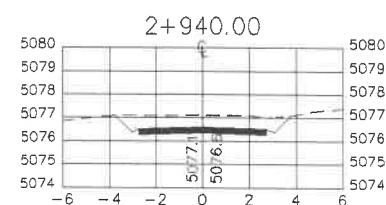
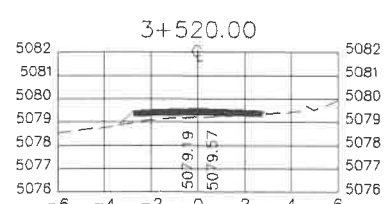
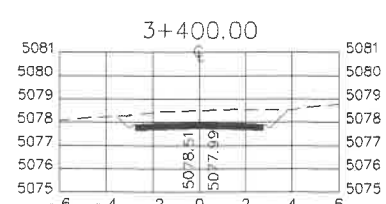
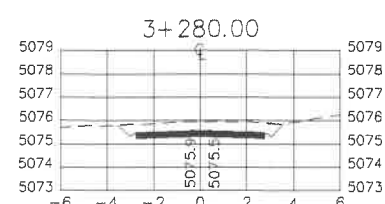
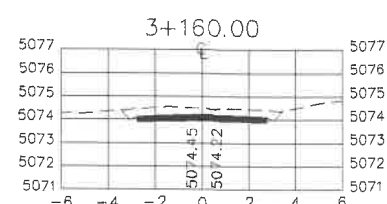
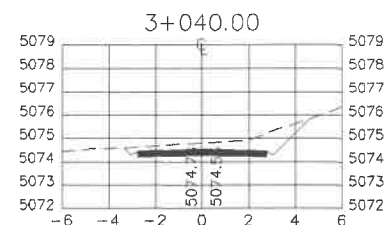
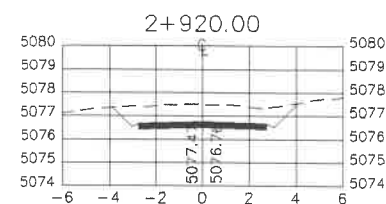
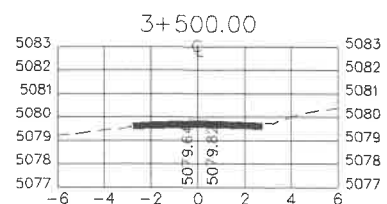
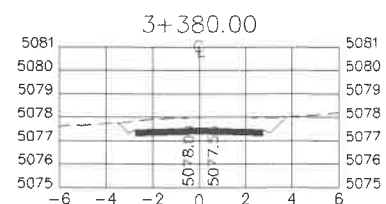
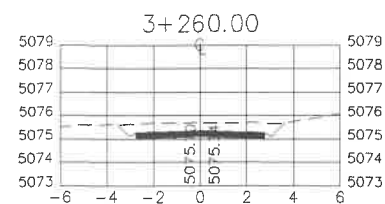
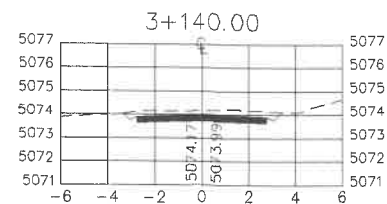
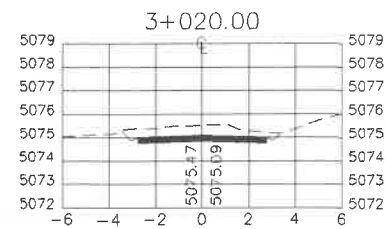
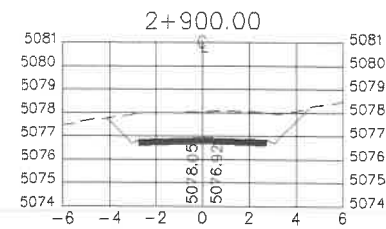
CONTENIDO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

CÁLCULO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 DISEÑO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 ASESOR:
 INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
 DIBUJO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 ESCALA:
 INDICADA

INGA. MAYRA GARCÍA SORIA DE SIERRA
 ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
 Unidad de Prácticas Profesionales de Ingeniería y E.I.
 LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 EPESISTA - INGENIERIA CIVIL





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

PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
CHIMALTENANGO

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES

CÁLCULO:
LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
DISEÑO:
LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
ASESOR:
INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
DIBUJO:
ESCALA:

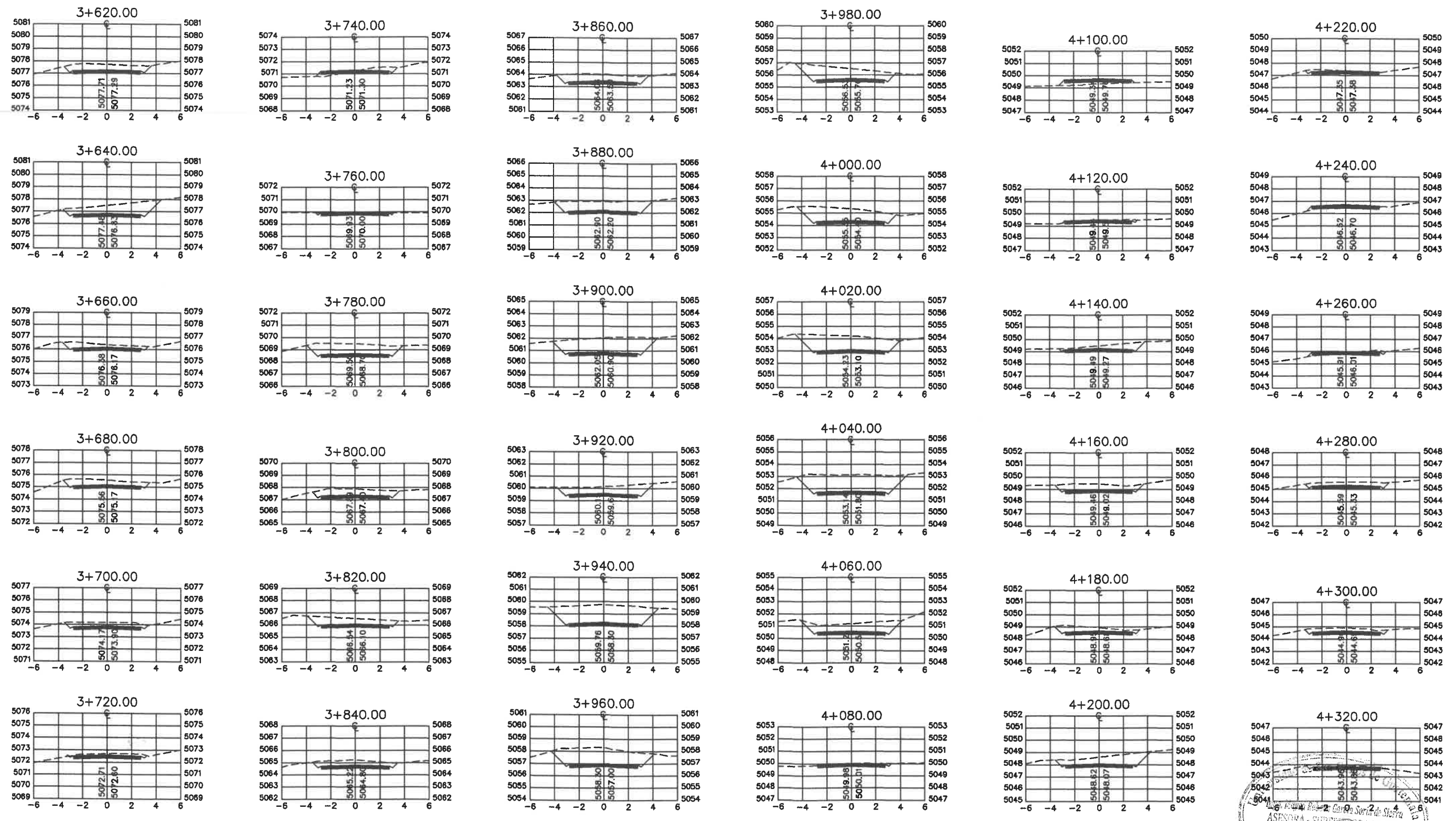
LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
EPESISTA - INGENIERIA CIVIL

HOJA 16

23

INGA. MAYRA GARCÍA
ASESOR SUPERVISOR EPS

LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
EPESISTA - INGENIERIA CIVIL



Ing. Mayra García
 ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS



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

PROYECTO:
 DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
 DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
 MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
 CHIMALTENANGO

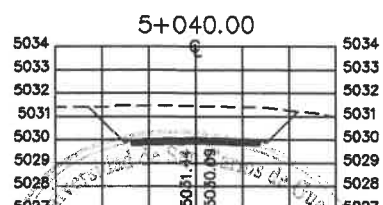
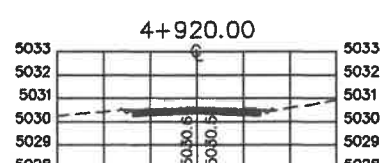
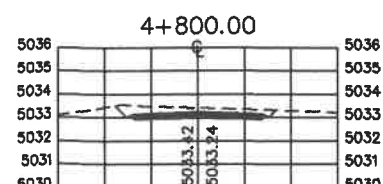
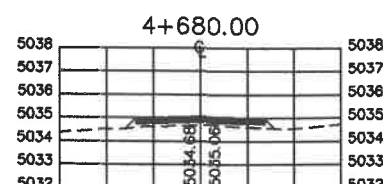
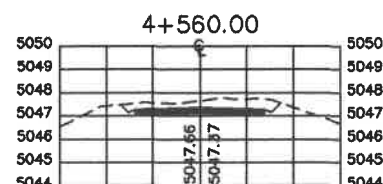
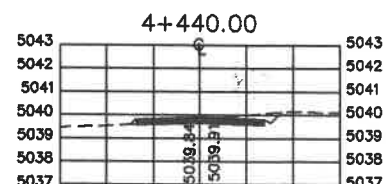
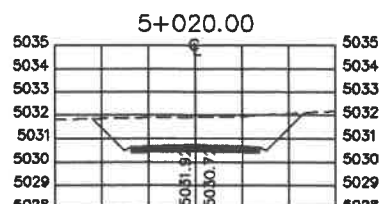
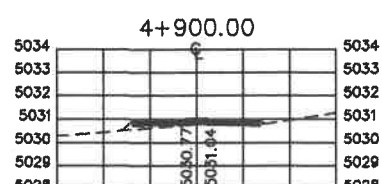
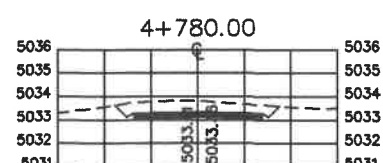
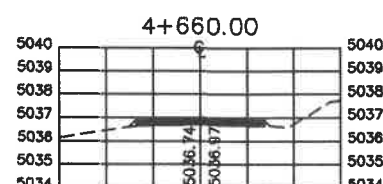
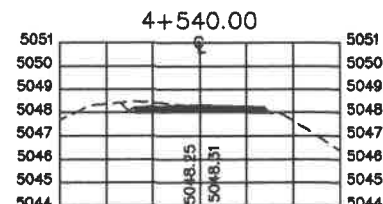
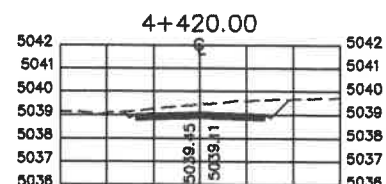
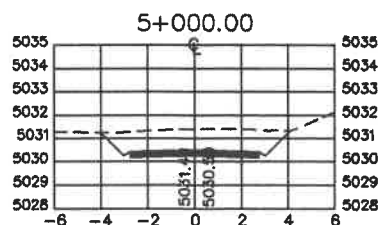
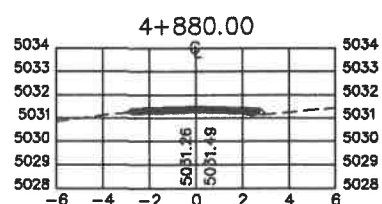
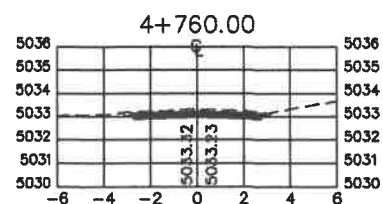
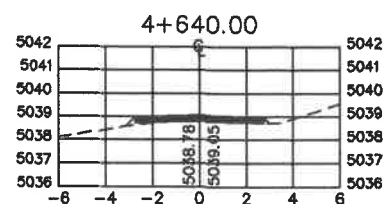
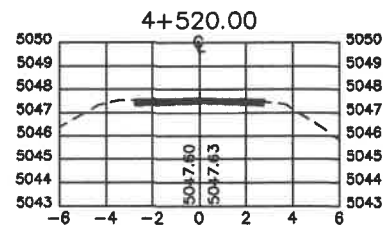
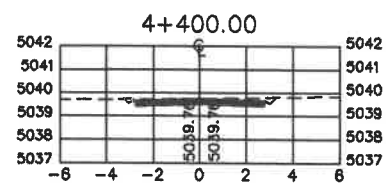
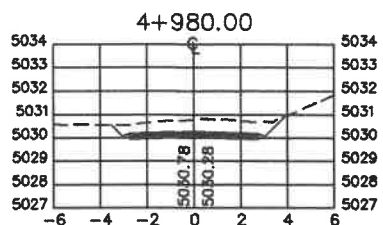
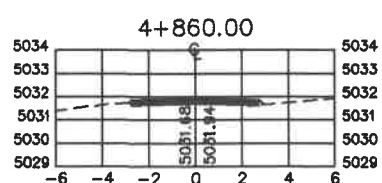
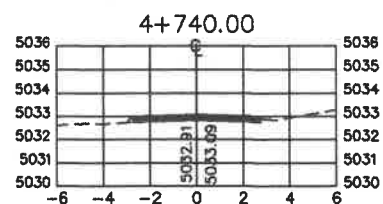
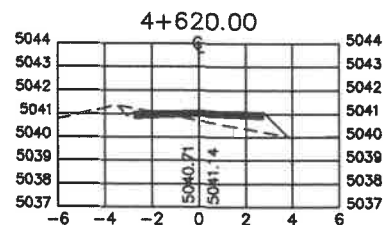
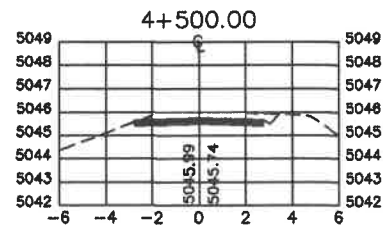
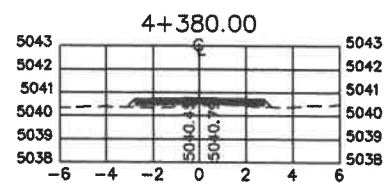
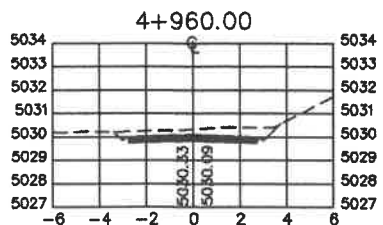
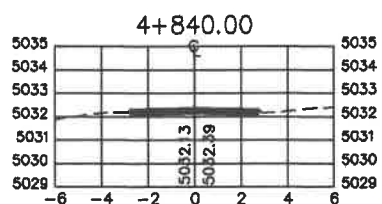
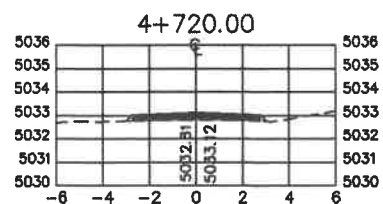
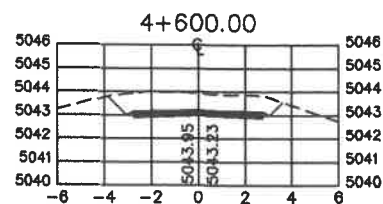
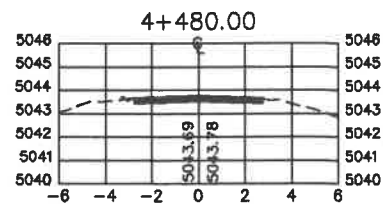
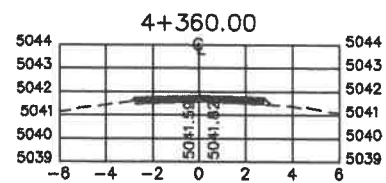
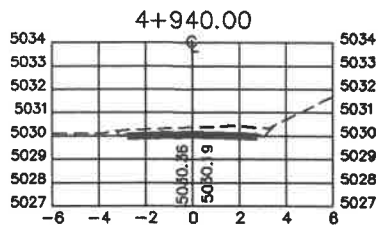
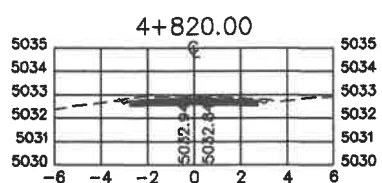
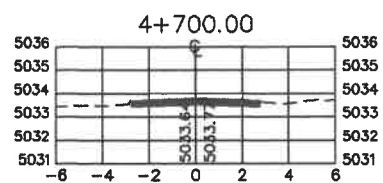
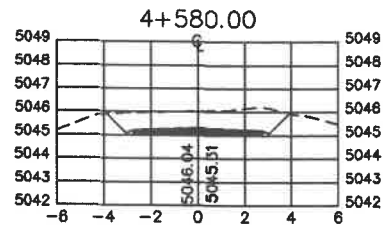
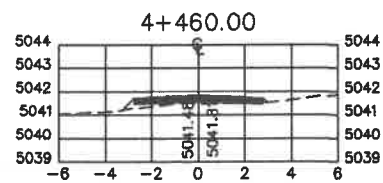
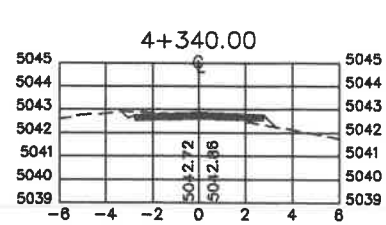
CONTENIDO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

CÁLCULO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 ASESOR: INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
 DIBUJO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 ESCALA: INDICADA

LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
 EPESISTA - INGENIERIA CIVIL

HOJA:
 17
 23



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

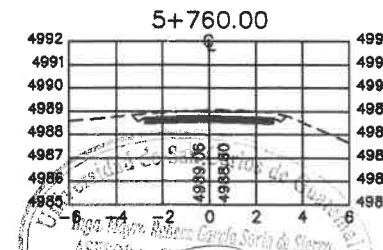
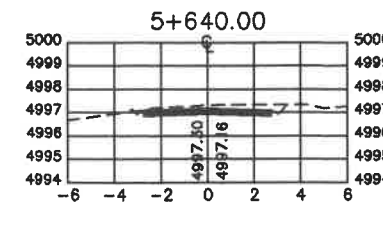
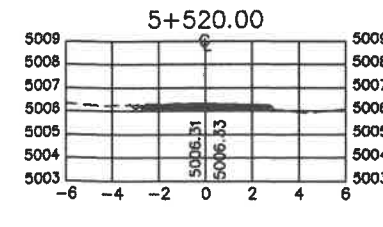
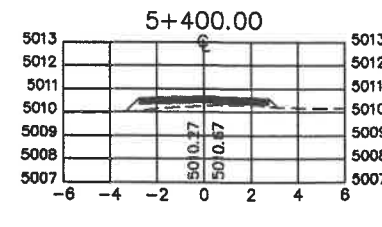
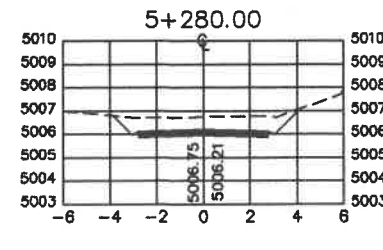
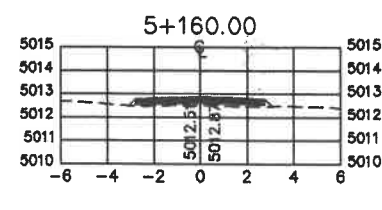
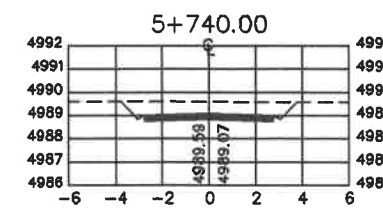
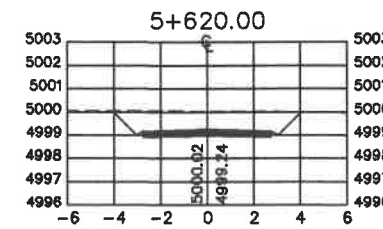
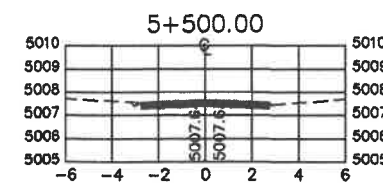
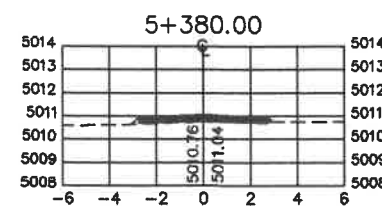
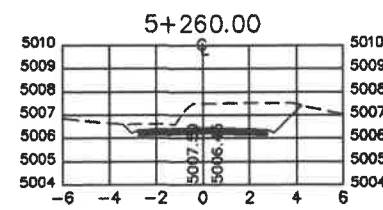
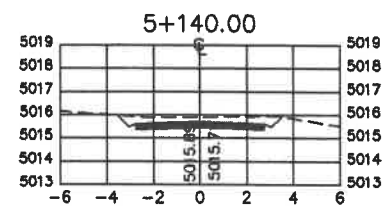
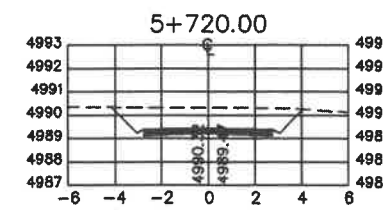
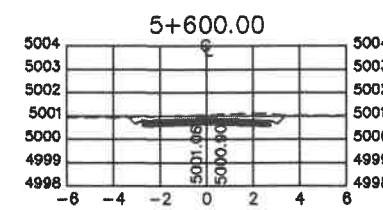
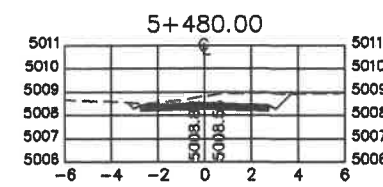
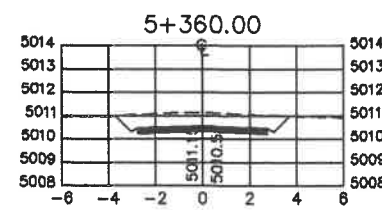
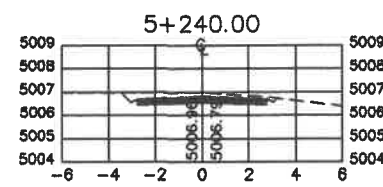
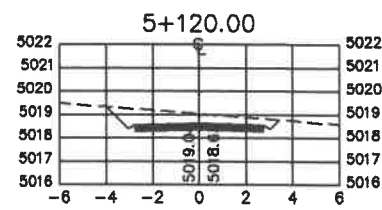
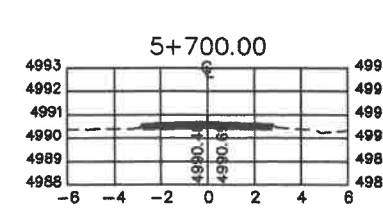
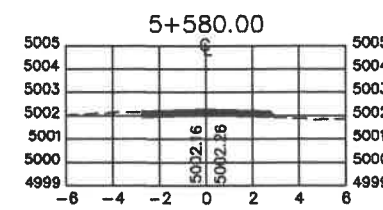
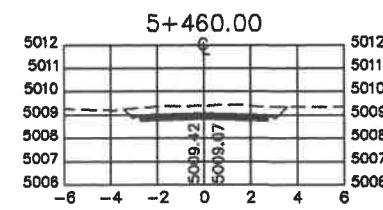
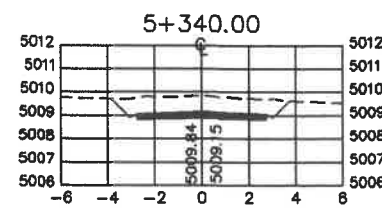
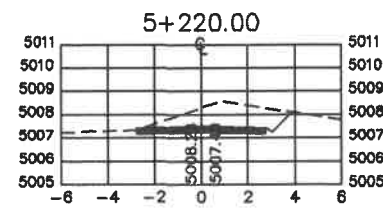
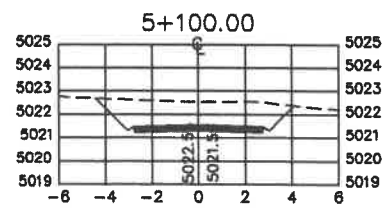
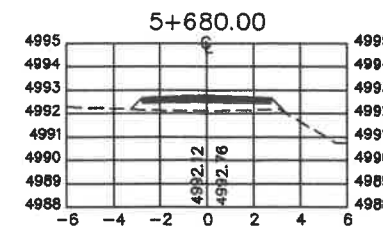
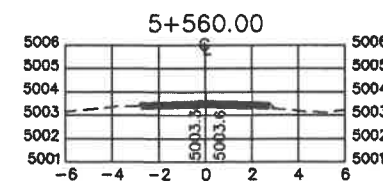
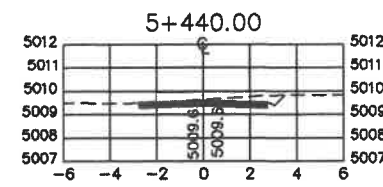
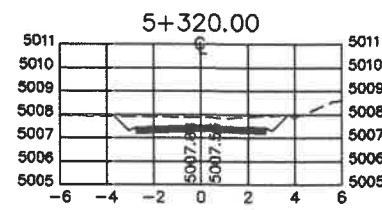
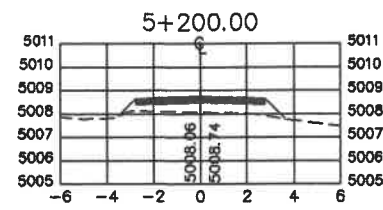
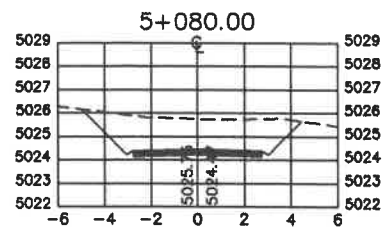
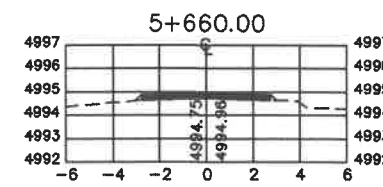
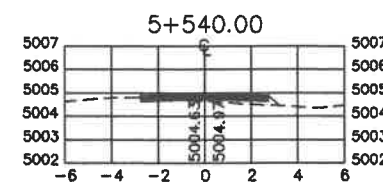
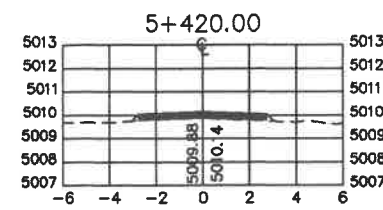
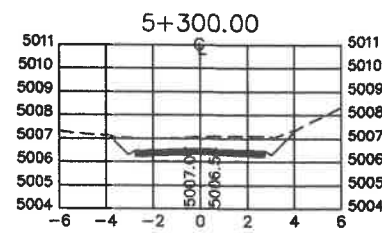
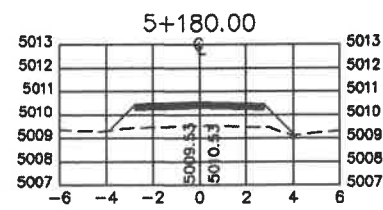
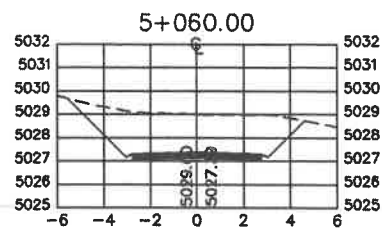
PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
CHIMALTENANGO

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES

CÁLCULO:
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
DISEÑO:
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ASESOR:
INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
DIBUJO:
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ESCALA:
INDICADA

INGA. MAYRA GARCÍA
ASESORA SUPERVISORA DE EPS
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
EPESISTA - INGENIERIA CIVIL



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

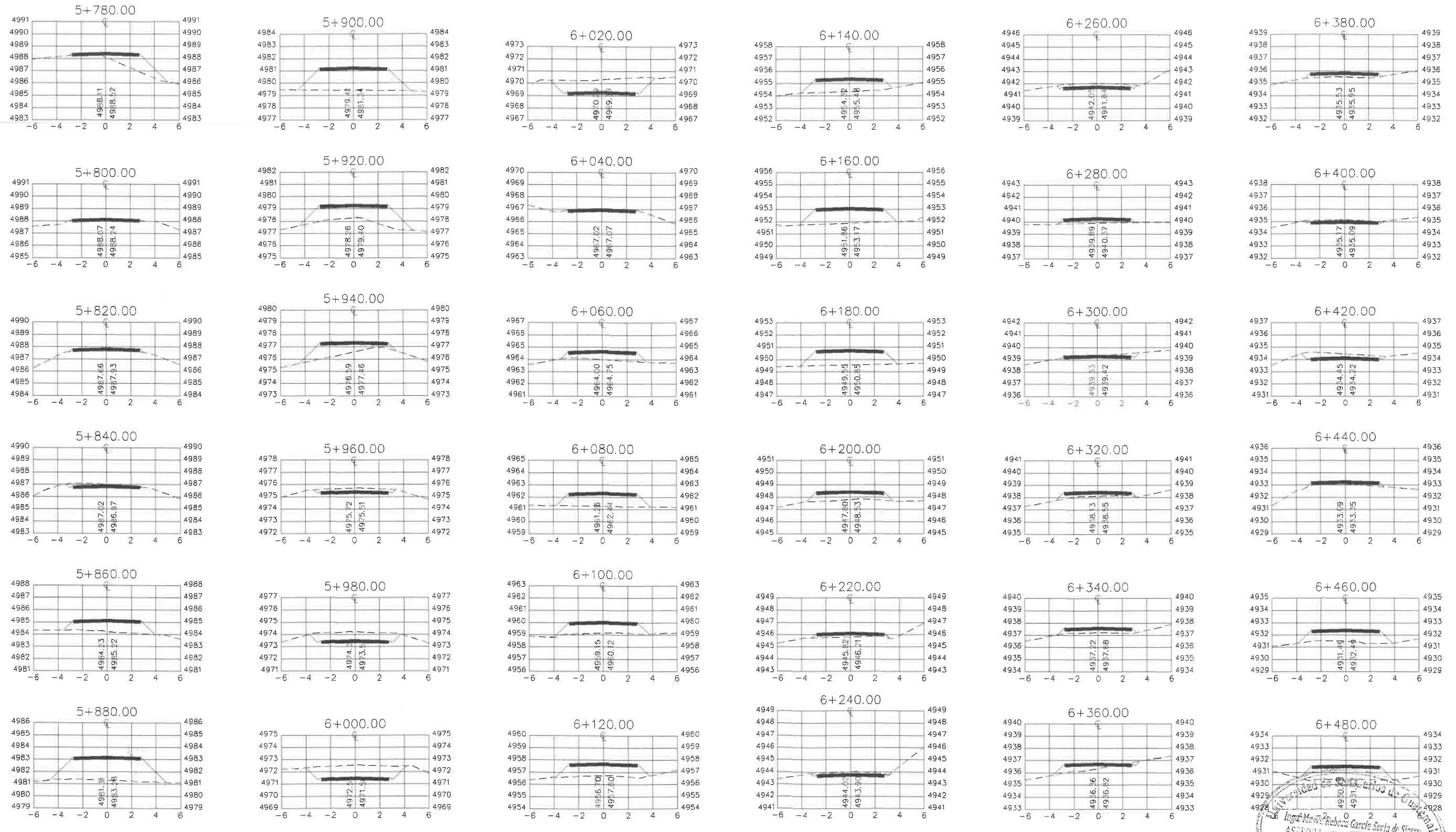
PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
CHIMALTENANGO

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES

CÁLCULO:
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
DISEÑO:
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ASESOR:
INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
DIBUJO:
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ESCALA:
INDICADA

INGA. MAYRA GARCÍA
ASESORA SUPERVISORA DE EPS
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
EPESISTA - INGENIERIA CIVIL



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

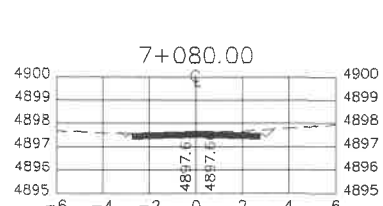
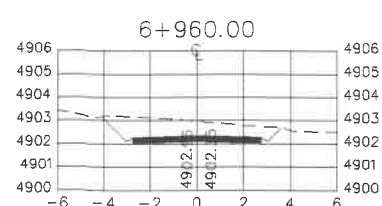
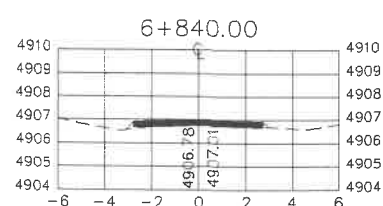
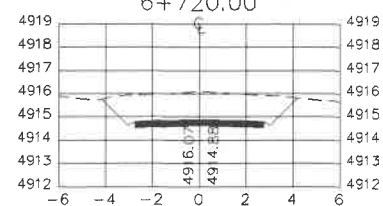
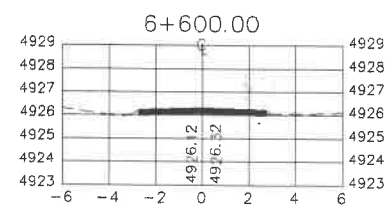
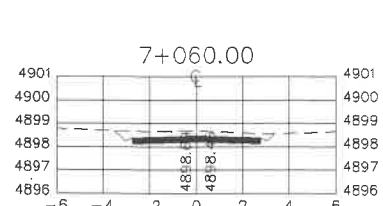
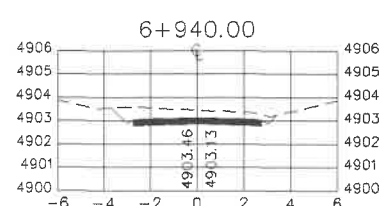
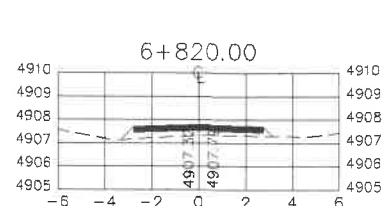
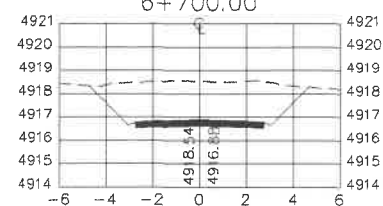
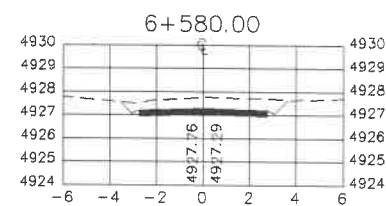
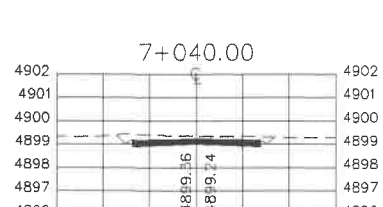
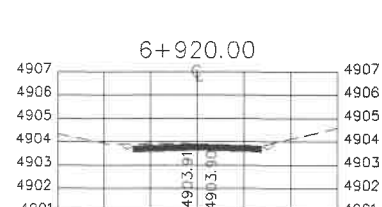
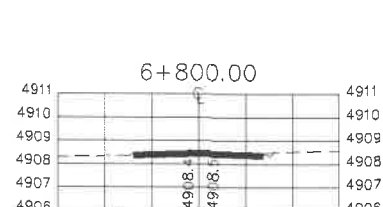
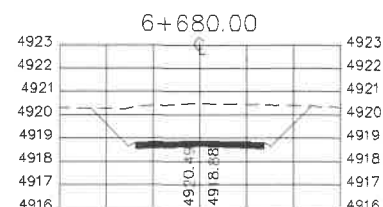
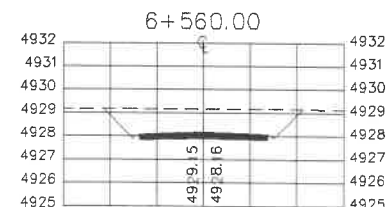
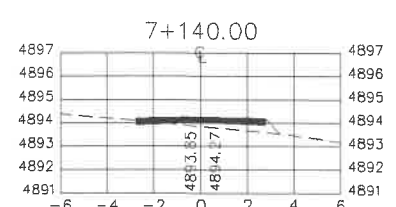
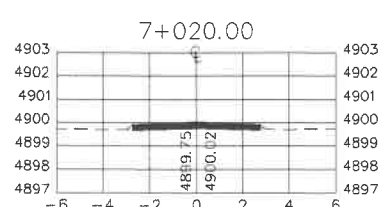
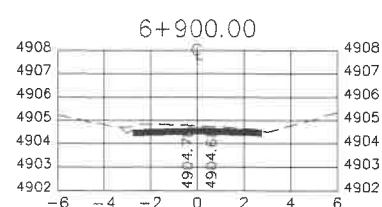
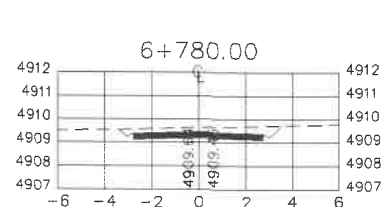
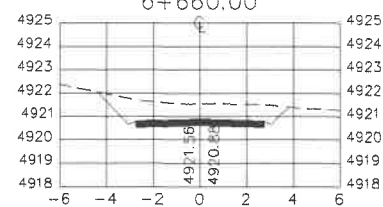
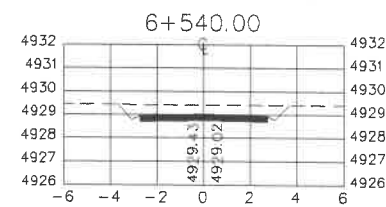
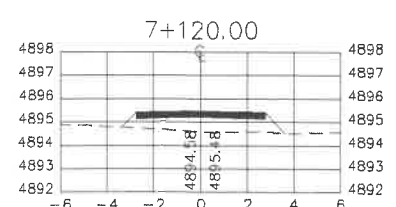
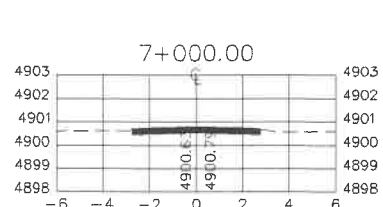
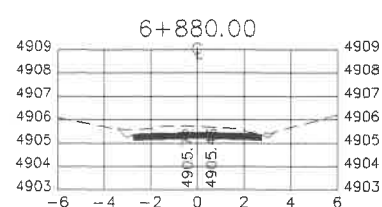
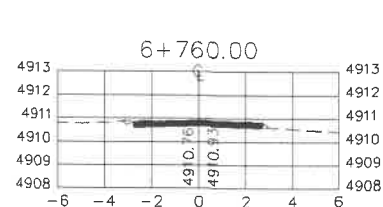
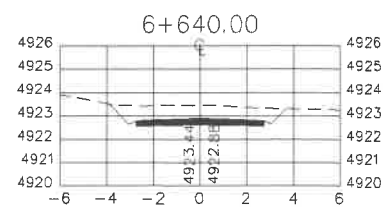
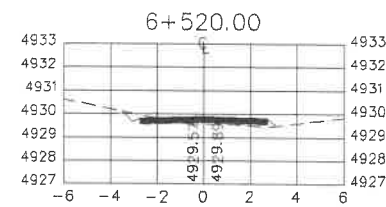
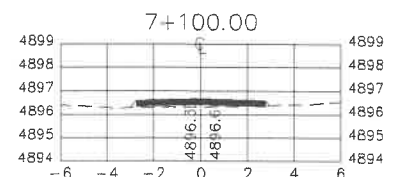
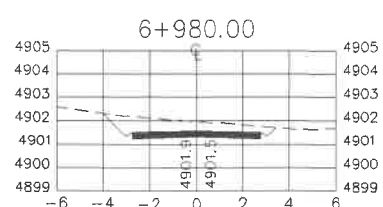
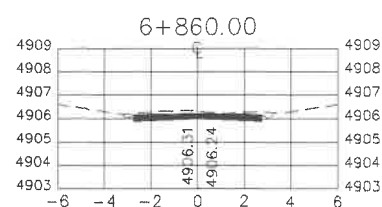
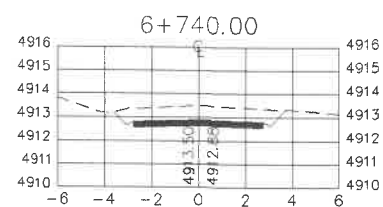
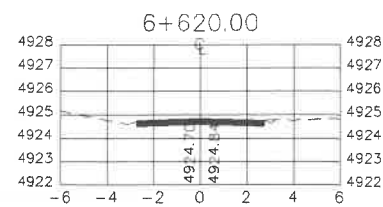
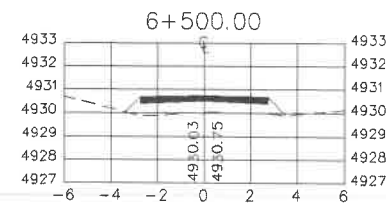
PROYECTO:
 DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
 DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
 MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
 CHIMALTENANGO

CONTENIDO:
 SECCIONES TRANSVERSALES

CÁLCULO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
 DISEÑO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
 ASESOR:
 INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
 DIBUJO:
 LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
 ESCALA:
 INDICADA

Inga Mayra García de Sierra
 ASESORA SUPERVISORA DE EPS
 Unidad de Práctica Profesional
 LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
 EPESISTA - INGENIERIA CIVIL



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

PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
CHIMALTENANGO

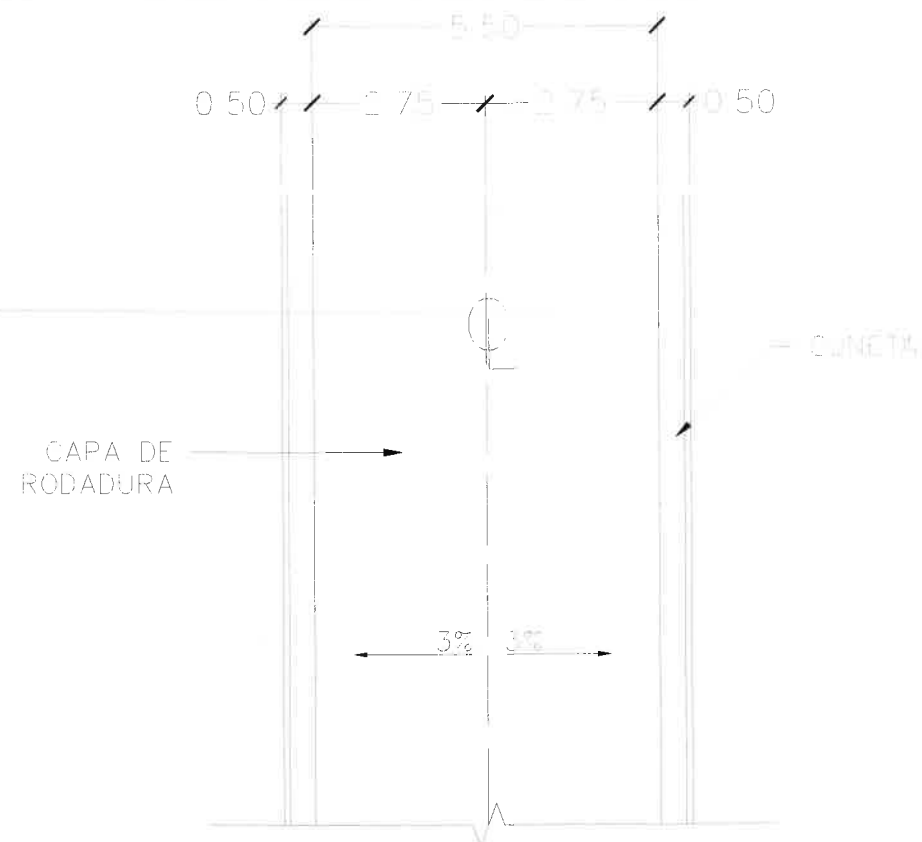
CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES

CÁLULO: LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
ASESOR: INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
DIBUJO: LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
ESCALA: INDICADA

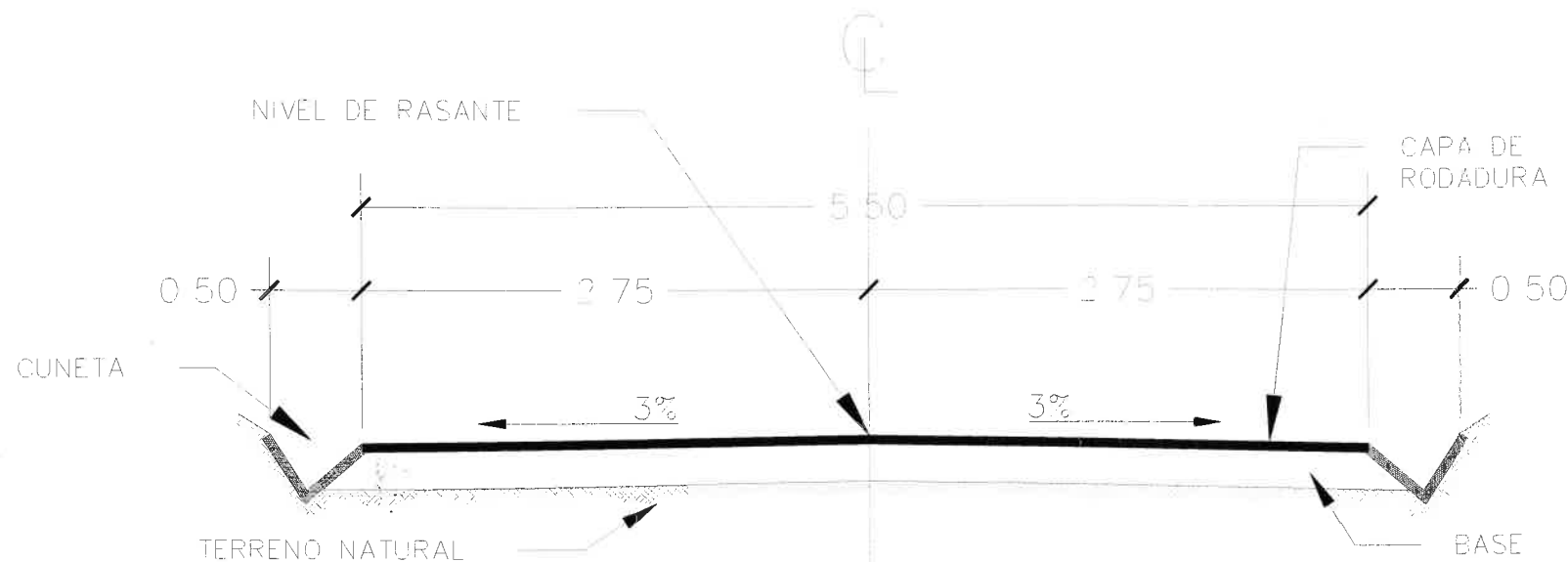
Universidad de San Carlos de Guatemala
Inga. Mayra Patricia García Sotelo de Sierra
ASISORA - SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Ingeniería y EPS
INGA. MAYRA GARCÍA
ASESOR SUPERVISOR EPS
LUIS EMILIO CAR CHIGUICHÓN
EPESISTA - INGENIERIA CIVIL

HOJA:
21
23



PLANTA CARRETERA EN TANGENTE

ESCALA: 1 / 120

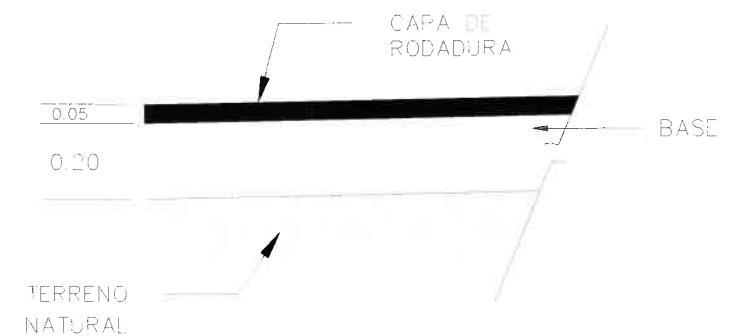


SECCIÓN TRANSVERSAL EN TANGENTE

ESCALA: 1 / 40

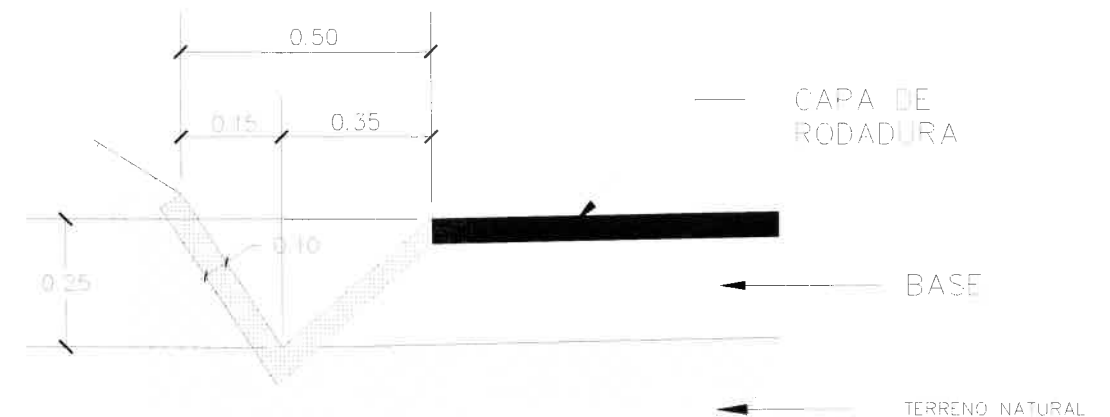
ESPECIFICACIONES

- LAS TUBERÍAS TRANSVERSALES SERÁN METÁLICAS, DEL DIÁMETRO ESPECIFICADO Y COLOCADAS EN LA ESTACIÓN INDICADA EN LOS PLANOS DEL DISEÑO.
- CUANDO SE REQUIERA RELLENO, ESTE DEBERÁ SER COLOCADO Y COMPACTADO EN CAPAS DE 0.10 M MÍNIMO.
- LOS MUROS DE LAS CAJAS DE DRENAJE SERÁN DE CONCRETO CICLÓPEO CUYOS MATERIALES DEBERÁN ESTAR LIBRES DE IMPUREZAS.
- EL ZAMPEADO DE PIEDRA EN EL CABEZAL ESTARÁ LIGADA CON MORTERO CON RELACIÓN 1:3
- LAS CUNETAS TRIANGULARES SERÁN REVESTIDAS CON CONCRETO CON ESPESOR DE 0.10 M



ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

ESCALA: 1 / 20



DETALLE DE CUNETA

ESCALA: 1 / 15



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

PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
CHIMALTENANGO

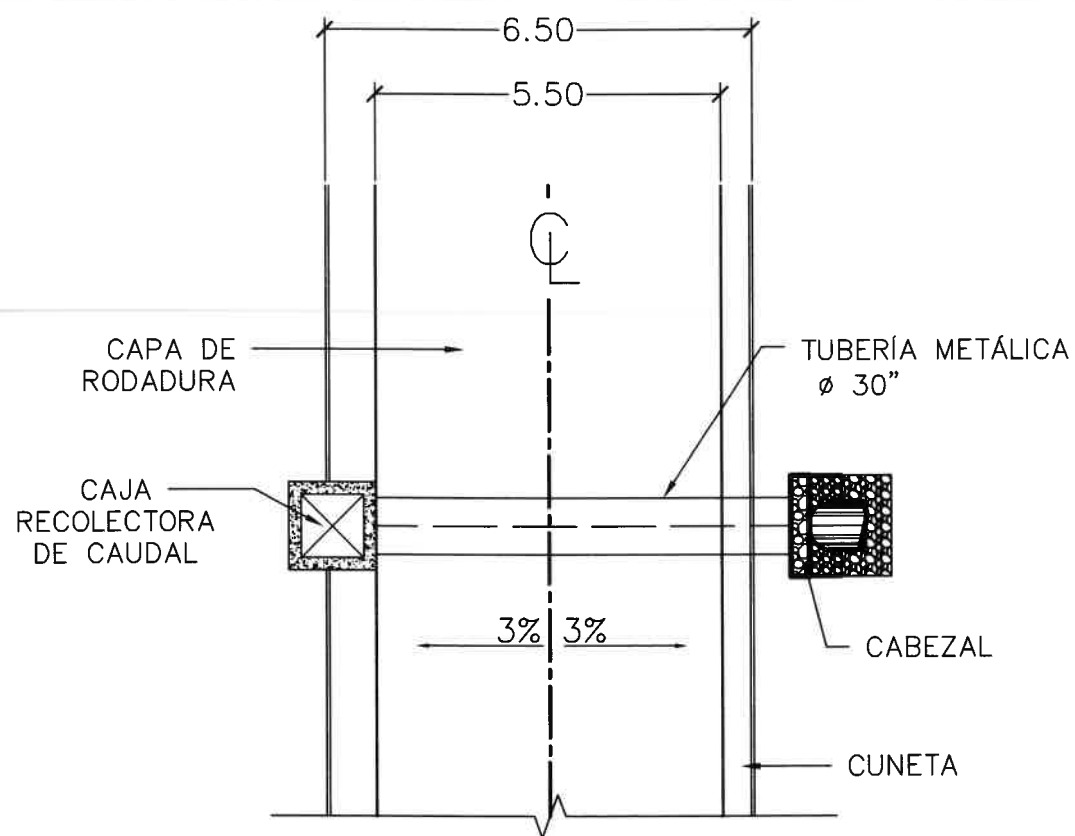
CONTENIDO:
DETALLES

CÁLULO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ASESOR: INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
DIBUJO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ESCALA: INDICADA

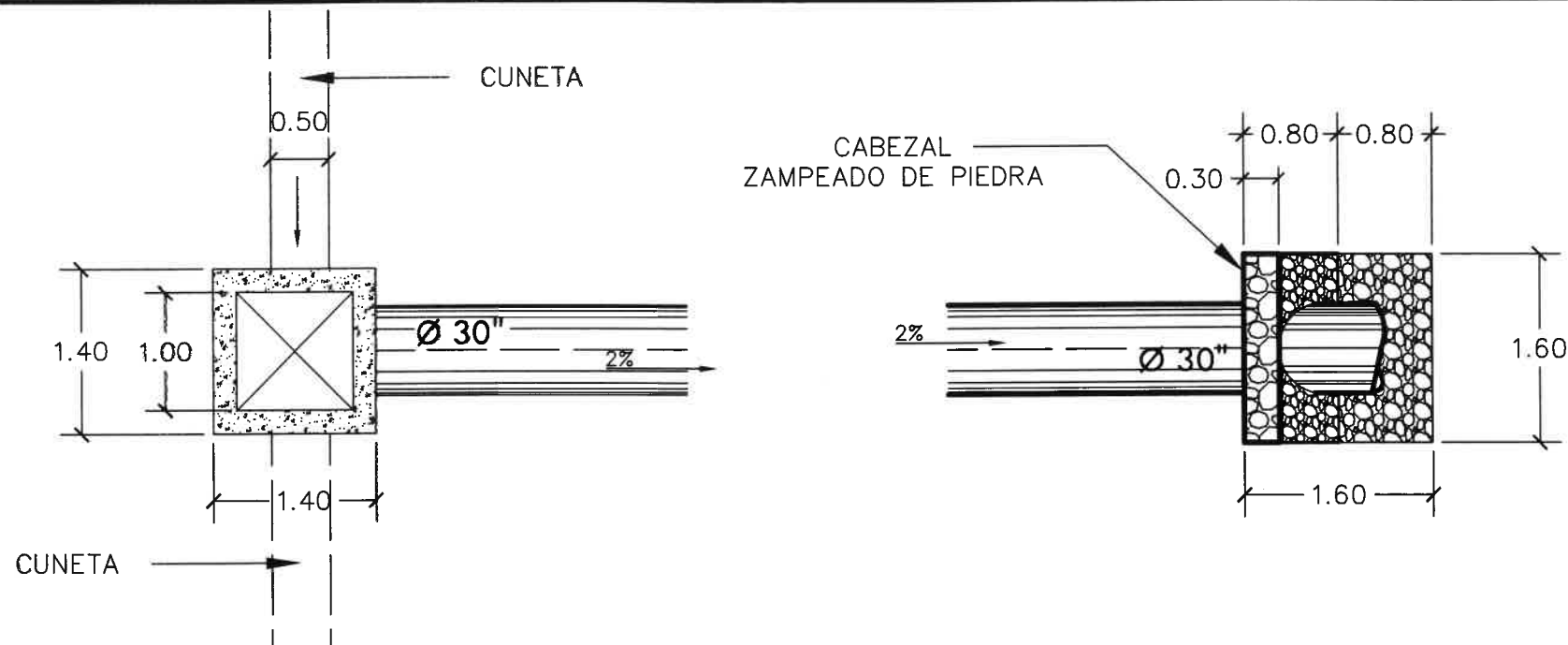
INGA. MAYRA GARCÍA
ASESOR SUPERVISOR EPS
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
EPESISTA - INGENIERIA CIVIL

HOJA:
22
23



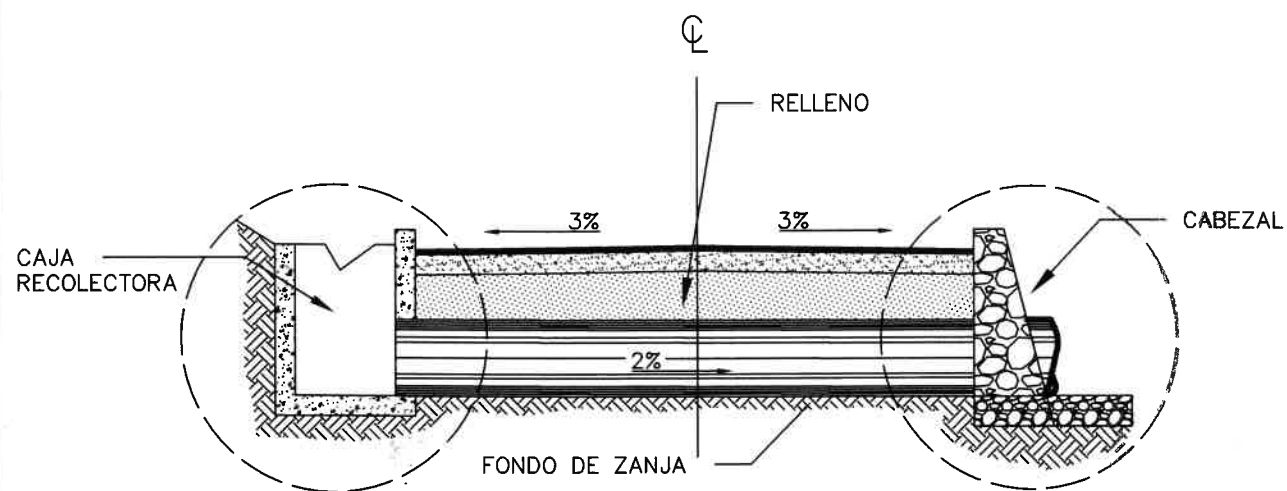
PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL

ESCALA: 1 / 120



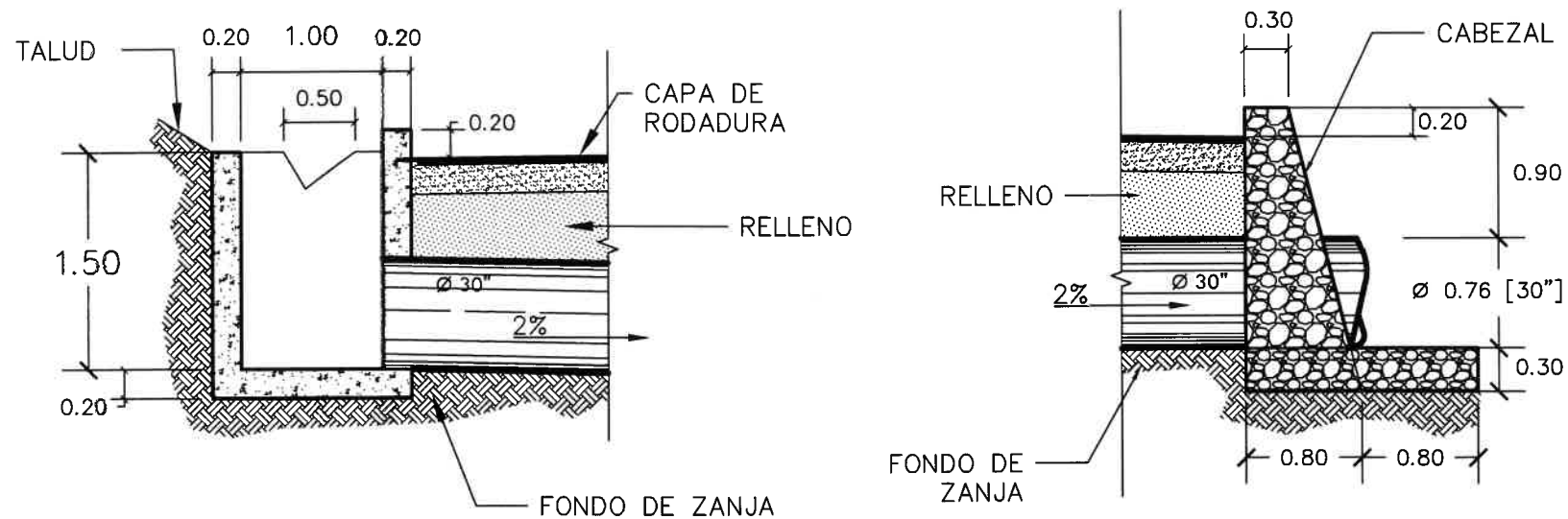
PLANTA DE CAJA Y CABEZAL PARA DRENAJE

ESCALA: 1 / 60



SECCIÓN DRENAJE TRANSVERSAL

ESCALA: 1 / 75



SECCIÓN DE CAJA Y CABEZAL PARA DRENAJE

ESCALA: 1 / 50



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

PROYECTO:
DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO
DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE,
CHIMALTENANGO

CONTENIDO:
DETALLES DRENAJES

CÁLCULO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
DISEÑO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ASESOR: INGA. MAYRA GARCÍA

FECHA:
DIBUJO: LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
ESCALA: INDICADA

INGA. MAYRA GARCÍA
ASESORA SUPERVISOR EPS
LUIS EMILIO CAR CHIGÜICHÓN
EPESISTA - INGENIERIA CIVIL

HOJA:
23
23

Apéndice 9. Integración de precios unitarios del tramo carretero

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 1,1
 Reglón de trabajo Replanteo topográfico
 Unidad km

CANTIDAD 7,142
PRECIO
UNITARIO Q 7,672,83

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Equipo de topografía	Hora	160,00	Q 60,00	Q 9 600,00
Sub-Total					Q 9 600,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Dibujante	Hora	320,00	Q 23,00	Q 7 360,00
1	Topógrafo	Hora	160,00	Q 75,00	Q12 000,00
3	Ayudante topógrafo	Hora	160,00	Q 13,00	Q 6 240,00
Sub-Total					Q 25 600,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
Sub-Total					Q -

Total costo directo		Q 35 200,00
Costo Indirecto		Q 13 728,00
Total Parcial		Q 48 928,00
IVA	12%	Q 5 871,36
TOTAL		Q 54 799,36

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 1,2
 Reglón de trabajo Limpia, chapeo y destronque
 Unidad Ha

CANTIDAD 5,00
 PRECIO UNITARIO Q 2,047,90

EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
5	Machete	Unidad	-	Q 55,00	Q 275,00
5	Azadón	Unidad	-	Q 75,00	Q 375,00
5	Pala	Unidad	-	Q 50,00	Q 250,00
1	Pick up fletero	Horas	56,00	Q 25,00	Q 1 400,00
Sub-Total					Q 2 300,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Encargado	Hora	56,00	Q 15,00	Q 840,00
5	Ayudante	Hora	56,00	Q 10,23	Q 2 864,40
1	Piloto de pick up	Hora	56,00	Q 10,23	Q 572,88
Sub-Total					Q 4 277,28

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
Sub-Total					Q -

Total costo directo		Q 6 577,28
Costo Indirecto		Q 2 565,14
Total Parcial		Q 9 142,42
IVA	12%	Q 1 097,09
TOTAL		Q 10 239,51

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 2,1
Reglón de trabajo Excavación no clasificada
Unidad m³

CANTIDAD 7 014,81
PRECIO UNITARIO Q 106,886

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Excavadora Case CX 210B	Hora	230,00	Q 375,00	Q 86 250,00
2	Camión de volteo	Hora	230,00	Q 300,00	Q 138 000,00
1	Patrol CAT 120H	Hora	230,00	Q 425,00	Q 97 750,00
1	Rodo Liso Volvo SD 100 DC	Hora	230,00	Q 300,00	Q 69 000,00
1	Camión cisterna	Hora	230,00	Q 260,00	Q 59 800,00

Sub-Total Q 450 800,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador de excavadora	Hora	230,00	Q 23,00	Q 5 290,00
2	Operador de cargador frontal	Hora	230,00	Q 21,00	Q 9 660,00
1	Piloto de camión de volteo	Hora	230,00	Q 20,00	Q 4 600,00
1	Encargado	Hora	230,00	Q 30,00	Q 6 900,00
1	Cheque	Hora	230,00	Q 19,00	Q 4 370,00

Sub-Total Q 30 820,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total

Sub-Total Q -

Total costo directo		Q 481 620,00
Costo Indirecto		Q 187 831,80
Total Parcial		Q 669 451,80
IVA	12%	Q 80 334,22
TOTAL		Q 749 786,02

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 2,2
 Reglón de trabajo Excavación no clasificada de desperdicio
 Unidad m³

CANTIDAD 9 926,75
PRECIO UNITARIO Q 31,463

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Excavadora Case CX 210B	Hora	140,00	Q 375,00	Q 52 500,00
1	Cargador Frontal CAT 930	Hora	140,00	Q 325,00	Q 45 500,00
2	Camión de volteo	Hora	140,00	Q 300,00	Q 84 000,00

Sub-Total Q 182 000,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador de excavadora	Hora	140,00	Q 23,00	Q 3 220,00
1	Operador de cargador frontal	Hora	140,00	Q 21,00	Q 2 940,00
2	Piloto de camión de volteo	Hora	140,00	Q 20,00	Q 5 600,00
1	Encargado	Hora	140,00	Q 30,00	Q 4 200,00
1	Cheque	Hora	140,00	Q 19,00	Q 2 660,00

Sub-Total Q 18 620,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total

Sub-Total Q -

Total costo directo		Q 200 620,00
Costo Indirecto		Q 78 241,80
Total Parcial		Q 278 861,80
IVA	12%	Q 33 463,42
TOTAL		Q 312 325,22

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, Reglón de trabajo 3,1
Unidad Reacondicionamiento de sub-rasante
m²

CANTIDAD 39 290,00
PRECIO
UNITARIO Q 1,835

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Cargador Frontal CAT 930	Hora	100,00	Q 325,00	Q 32 500,00
1	Camión de volteo	Hora	100,00	Q 300,00	Q 30 000,00
1	Patrol CAT 120H	Hora	100,00	Q 425,00	Q 42 500,00
1	Rodo Liso Volvo SD 100 DC	Hora	100,00	Q 300,00	Q 30 000,00
1	Camión cisterna	Hora	100,00	Q 260,00	Q 26 000,00
Sub-Total					Q161 000,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador de cargador frontal	Hora	100,00	Q 21,00	Q 2 100,00
1	Piloto de camión de volteo	Hora	100,00	Q 20,00	Q 2 000,00
1	Operador Patrol	Hora	100,00	Q 25,00	Q 2 500,00
1	Operador Rodo	Hora	100,00	Q 25,00	Q 2 500,00
3	Ayudante	Hora	100,00	Q 19,00	Q 5 700,00
1	Encargado	Hora	100,00	Q 30,00	Q 3 000,00
1	Piloto Cisterna	Hora	100,00	Q 20,00	Q 2 000,00
Sub-Total					Q 19 800,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
11 790,00	Agua	GLS	-	Q 10,00	Q 117 900,00
Sub-Total					Q117 900,00

Total costo directo		Q298 700,00
Costo Indirecto		Q116 493,00
Total Parcial		Q415 193,00
IVA	12%	Q 49 823,16
TOTAL		Q465 016,16

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No,	3,2		
Región de trabajo	Capa base granular (15 cm de espesor)		
Unidad	m ³	CANTIDAD	5 892,15
		PRECIO	Q 333,67
		UNITARIO	

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Excavadora Case CX 210B	Hora	130,00	Q 375,00	Q 48 750,00
2	Camión de volteo	Hora	130,00	Q 300,00	Q 78 000,00
1	Tractor CAT D4K	Hora	130,00	Q 300,00	Q 39 000,00
1	Patrol CAT 120H	Hora	130,00	Q 425,00	Q 55 250,00
1	Rodo Liso Volvo SD 100 DC	Hora	130,00	Q 300,00	Q 39 000,00
1	Camión cisterna	Hora	130,00	Q 260,00	Q 33 800,00
Sub-Total					Q 293 800,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador de Excavadora	Hora	130,00	Q 23,00	Q 2 990,00
2	Piloto de camión de volteo	Hora	130,00	Q 20,00	Q 5 200,00
1	Operador Tractor	Hora	130,00	Q 20,00	Q 2 600,00
1	Operador Patrol	Hora	130,00	Q 25,00	Q 3 250,00
1	Operador Rodo	Hora	130,00	Q 25,00	Q 3 250,00
1	Piloto Cisterna	Hora	130,00	Q 20,00	Q 2 600,00
3	Ayudante	Hora	130,00	Q 19,00	Q 7 410,00
1	Encargado	Hora	130,00	Q 30,00	Q 3 900,00
Sub-Total					Q 31 200,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
8 838,23	Material para base	m ³	-	Q 95,00	Q 839 631,38
9 825,00	Agua	GLS	-	Q 10,00	Q 98 250,00
Sub-Total					Q 937 881,38

Total costo directo		Q1 262 881,38
Costo Indirecto		Q 492 523,74
Total Parcial		Q1 755 405,11
IVA	12%	Q 210 648,61
TOTAL		Q1 966 053,72

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 3,3
Reglón de trabajo
Unidad Capa sub base granular (15 cm de espesor)
 m³

CANTIDAD 5 892,15
PRECIO
UNITARIO Q 310,32

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Excavadora Case CX 210B	Hora	130,00	Q 375,00	Q 48 750,00
2	Camión de volteo	Hora	130,00	Q 300,00	Q 78 000,00
1	Tractor CAT D4K	Hora	130,00	Q 300,00	Q 39 000,00
1	Patrol CAT 120H	Hora	130,00	Q 425,00	Q 55 250,00
1	Rodo Liso Volvo SD 100 DC	Hora	130,00	Q 300,00	Q 39 000,00
1	Camión cisterna	Hora	130,00	Q 260,00	Q 33 800,00
Sub-Total					Q 29 800,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador de Excavadora	Hora	130,00	Q 23,00	Q 2 990,00
2	Piloto de camión de volteo	Hora	130,00	Q 20,00	Q 5 200,00
1	Operador Tractor	Hora	130,00	Q 20,00	Q 2 600,00
1	Operador Patrol	Hora	130,00	Q 25,00	Q 3 250,00
1	Operador Rodo	Hora	130,00	Q 25,00	Q 3 250,00
1	Piloto Cisterna	Hora	130,00	Q 20,00	Q 2 600,00
3	Ayudante	Hora	130,00	Q 19,00	Q 7 410,00
1	Encargado	Hora	130,00	Q 30,00	Q 3 900,00
Sub-Total					Q 31 200,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
8 838,23	Material para subbase	m ³	-	Q 85,00	Q 751 249,13
9 825,00	Agua	GLS	-	Q 10,00	Q 98 250,00
Sub-Total					Q 849 499,13

Total costo directo		Q 1 174 499,13
Costo Indirecto		Q 458 054,66
Total Parcial		Q 1 632 553,78
IVA	12%	Q 195 906,45
TOTAL		Q 1 828 460,24

Continuación apéndice 9.

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO:
7 142 KM**

No, 3,4
Reglón de trabajo Riego de imprimación
Unidad GLS

CANTIDAD 12 000,00
PRECIO UNITARIO Q 82,71

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Carro irrigador	Hora	120,00	Q 435,00	Q 52 200,00
1	Escoba mecánica	Hora	120,00	Q 375,00	Q 45 000,00
1	Carro Cisterna	Hora	120,00	Q 260,00	Q 31 200,00
Sub-Total					Q 128 400,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador carro irrigador	Hora	120,00	Q 25,00	Q 3 000,00
1	Ayudante carro irrigador	Hora	120,00	Q 23,00	Q 2 760,00
1	Operador escoba mecánica	Hora	120,00	Q 20,00	Q 2 400,00
1	Piloto Cisterna	Hora	120,00	Q 20,00	Q 2 400,00
1	Ayudante de Cisterna	Hora	120,00	Q 18,00	Q 2 160,00
3	Ayudantes	Hora	120,00	Q 19,00	Q 6 840,00
1	Inspector	Hora	120,00	Q 30,00	Q 3 600,00
Sub-Total					Q 23 160,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
12 000,00	Emulsión MC - 30	GLS	-	Q 38,00	Q 456 000,00
3 000,00	Agua	GLS	-	Q 10,00	Q 30 000,00
Sub-Total					Q 486 000,00

Total costo directo		Q 637 560,00
Costo Indirecto		Q 248 648,40
Total Parcial		Q 886 208,40
IVA	12%	Q 106 345,01
TOTAL		Q 992 553,41

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 3,5
 Reglón de trabajo Riego liga
 Unidad GLS

CANTIDAD 3 930,00
PRECIO UNITARIO Q 77,26

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Carro Irrigador	Hora	40,00	Q 435,00	Q 17 400,00
1	Escoba Mecánica	Hora	40,00	Q 375,00	Q 15 000,00

Sub-Total Q 32 400,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador carro irigador	Hora	40,00	Q 25,00	Q 1 000,00
1	Ayudante carro irigador	Hora	40,00	Q 23,00	Q 920,00
1	Operador escoba mecánica	Hora	40,00	Q 20,00	Q 800,00
2	Ayudante	Hora	40,00	Q 19,00	Q 1 520,00
1	Inspector	Hora	40,00	Q 30,00	Q 1 200,00

Sub-Total Q 5 440,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
3 930,00	Emulsión para liga	GLS	-	Q 40,00	Q 157 200,00

Sub-Total Q 157 200,00

Total costo directo		Q 195 040,00
Costo Indirecto		Q 76 065,60
Total Parcial		Q 271 105,60
IVA	12%	Q 32 532,67
TOTAL		Q 303 638,27

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, Reglón de trabajo Unidad	3,6 Concreto asfáltico para carpeta asfáltica (e = 0,12 m) m ³	CANTIDAD PRECIO UNITARIO	4 713,72 Q 696,73
---	---	---	---------------------------------

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Terminadora de Asfalto	Hora	280,00	Q 1,550,00	Q 434 000,00
1	Compactador Neumático	Hora	140,00	Q 350,00	Q 49 000,00
1	Rodo Liso	Hora	140,00	Q 300,00	Q 42 000,00
4	Camión de volteo	Hora	280,00	Q 300,00	Q 336 000,00
Sub-Total					Q 861 000,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador terminadora de asfalto	Hora	280,00	Q 25,00	Q 7 000,00
1	Ayudante terminadora de asfalto	Hora	280,00	Q 23,00	Q 6 440,00
1	Operador compactador	Hora	140,00	Q 24,00	Q 3 360,00
1	Operador rodo	Hora	140,00	Q 25,00	Q 3 500,00
4	Piloto camión de volteo	Hora	280,00	Q 20,00	Q 22 400,00
2	Ayudante	Hora	280,00	Q 19,00	Q 10 640,00
1	Inspector	Hora	280,00	Q 30,00	Q 16 800,00
Sub-Total					Q 70 140,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
4 713,72	Mezcla asfáltica	m ³	-	Q 250,00	Q 1 178 430,00
Sub-Total					Q 1 178 430,00

Total costo directo		Q 2 109 570,00
Costo Indirecto		Q 822 732,30
Total Parcial		Q 2 932 302,30
IVA 12%		Q 351 876,28
TOTAL		Q 3 284 178,58

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 4,1
Región de trabajo Excavación ampliación/rectificación de canales existentes
Unidad m³

CANTIDAD 990,00
PRECIO UNITARIO Q 25,34

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Excavadora Case CX 210B	Hora	14,00	Q 375,00	Q 5 250,00
1	Cargador Frontal CAT 930	Hora	14,00	Q 325,00	Q 4 550,00
1	Camión de volteo	Hora	14,00	Q 300,00	Q 4 200,00

Sub-Total Q 14 000,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador de excavadora	Hora	14,00	Q 23,00	Q 322,00
1	Operador de cargador frontal	Hora	14,00	Q 21,00	Q 294,00
1	Piloto camión de volteo	Hora	14,00	Q 20,00	Q 280,00
2	Ayudante	Hora	14,00	Q 19,00	Q 532,00
1	Encargado	Hora	14,00	Q 30,00	Q 420,00
1	Cheque	Hora	14,00	Q 19,00	Q 266,00

Sub-Total Q 2 114,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total

Sub-Total Q -

Total costo directo		Q 16 114,00
Costo Indirecto		Q 6 284,46
Total Parcial		Q 22 398,46
IVA	12%	Q 2 687,82
TOTAL		Q 25 086,28

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No,	4,2			
Reglón de trabajo	Excavación estructural para alcantarillas			
Unidad	m ³			
		CANTIDAD		595,00
		PRECIO		
		UNITARIO	Q	29,67

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Excavadora	Hora	15,00	Q 375,00	Q 5 625,00
1	Camión de volteo	Hora	15,00	Q 300,00	Q 4 500,00
Sub-Total					Q 10 125,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador de excavadora	Hora	15,00	Q 23,00	Q 345,00
1	Piloto de camión de volteo	Hora	15,00	Q 20,00	Q 300,00
2	Ayudante	Hora	15,00	Q 19,00	Q 570,00
Sub-Total					Q 1 215,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
Sub-Total					Q -

Total costo directo		Q 11 340,00
Costo Indirecto		Q 4 422,60
Total Parcial		Q 15 762,60
IVA	12%	Q 1 891,51
TOTAL		Q 17 654,11

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 4,3
Reglón de trabajo Colocación de alcantarillas de metal corrugado ($\Phi = 30''$)
Unidad ml

CANTIDAD 192,00
PRECIO UNITARIO Q 1 327,46

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Retroexcavadora	Hora	28,00	Q 320,00	Q 8 960,00
3	Herramienta menor	Global	-	Q 200,00	Q 600,00

Sub-Total Q 9 560,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador retroexcavadora	Hora	28,00	Q 20,00	Q 560,00
3	Albañiles	Hora	28,00	Q 23,00	Q 1 932,00
2	Ayudante	Hora	28,00	Q 19,00	Q 1 064,00
1	Encargado	Hora	28,00	Q 30,00	Q 840,00

Sub-Total Q 4,396,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
96,00	Tubo metálico de 30"	Unidad	-	Q 1,200,00	Q 115 200,00
1 920,00	Tornillos para tubería	Unidad	-	Q 18,00	Q 34 560,00

Sub-Total Q 149 760,00

Total costo directo		Q 163 716,00
Costo Indirecto		Q 63 849,24
Total Parcial		Q 227 565,24
IVA	12%	Q 27 307,83
TOTAL		Q 254 873,07

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, Reglón de trabajo Unidad	4,4 Relleno estructural de alcantarillas m ³	CANTIDAD PRECIO UNITARIO	550,00 Q 293,53
---	---	---	---------------------------

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Excavadora	Hora	28,00	Q 500,00	Q 14 000,00
1	Camión de volteo	Hora	28,00	Q 300,00	Q 8 400,00
1	Compactadora (bailarina)	Hora	28,00	Q 200,00	Q 5 600,00

Sub-Total Q 28 000,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Operador de excavadora	Hora	28,00	Q 23,00	Q 644,00
1	Piloto de camión de volteo	Hora	28,00	Q 20,00	Q 560,00
3	Albañiles	Hora	28,00	Q 23,00	Q 1 932,00
2	Ayudantes	Hora	28,00	Q 19,00	Q 1 064,00

Sub-Total Q 4 200,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
550,00	Material selecto	m ³	-	Q 130,00	Q 71 500,00

Sub-Total Q 71 500,00

Total costo directo		Q103 700,00
Costo Indirecto		Q 40 443,00
Total Parcial		Q144 143,00
IVA	12%	Q 17 297,16
TOTAL		Q161 440,16

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 4,5
 Reglón de trabajo Cajas de concreto ciclópeo para alcantarilla
 Unidad m³

CANTIDAD 45,00
PRECIO UNITARIO Q 4 046,30

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Camión cisterna	Hora	24,00	Q 260,00	Q 260,00
1	Concreteira	Hora	80,00	Q 300,00	Q 24 000,00

Sub-Total Q 24 260,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Piloto cisterna	Hora	24,00	Q 20,00	Q 480,00
1	Maestro de obra	Hora	80,00	Q 25,00	Q 2 000,00
5	Albañil	Hora	80,00	Q 23,00	Q 9 200,00
4	Ayudantes	Hora	80,00	Q 19,00	Q 6 080,00

Sub-Total Q 17 760,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
416,00	Cemento	Saco	-	Q 75,00	Q 31 200,00
23,00	Arena	m ³	-	Q 180,00	Q 4 140,00
35,00	Grava	m ³	-	Q 210,00	Q 7 350,00
40,00	Tabla	Unidad	-	Q 100,00	Q 4 000,00
2 825,00	Agua	GLS	-	Q 10,00	Q 28 250,00

Sub-Total Q 74 940,00

Total costo directo		Q 116 960,00
Costo Indirecto		Q 45 614,40
Total Parcial		Q 162 574,40
IVA	12%	Q 19 508,93
TOTAL		Q 182 083,33

Continuación apéndice 9.

**DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS,
MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM**

No, 4,6
Reglón de trabajo Cabezales para alcantarilla con zampeado de piedra
Unidad m³

CANTIDAD 51,00
PRECIO UNITARIO Q 3 041,35

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Cisterna	Hora	24,00	Q 260,00	Q 260,00
1	Concreteira	Hora	88,00	Q 300,00	Q 26 400,00

Sub-Total Q 26 660,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Piloto cisterna	Hora	24,00	Q 20,00	Q 480,00
1	Maestro de obra	Hora	88,00	Q 25,00	Q 2 200,00
5	Albañil	Hora	88,00	Q 23,00	Q 10 120,00
4	Ayudantes	Hora	88,00	Q 19,00	Q 6 688,00

Sub-Total Q 19 488,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
197,00	Cemento	Saco	-	Q 75,00	Q 14 775,00
22,00	Arena	m ³	-	Q 180,00	Q 3 960,00
30,00	Grava	m ³	-	Q 210,00	Q 6 300,00
20,00	Piedra bola	m ³	-	Q 150,00	Q 3 000,00
30,00	Tabla	Unidad	-	Q 100,00	Q 3 000,00
2 245,00	Agua	GLS	-	Q 10,00	Q 22 450,00

Sub-Total Q 53 485,00

Total costo directo		Q 99 633,00
Costo Indirecto		Q 38 856,87
Total Parcial		Q 138 489,87
IVA	12%	Q 16 618,78
TOTAL		Q 155 108,65

Continuación apéndice 9.

DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASCO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS, MUNICIPIO DE SAN MARTÍN JILOTEPEQUE, CHIMALTENANGO, LONGITUD DEL TRAMO: 7 142 KM

No, 4,7
Reglón de trabajo Cunetas triangulares revestidas de concreto (e = 0,10 m)
Unidad m³

CANTIDAD 1 190,00
PRECIO
UNITARIO Q 2 432,84

EQUIPO

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Concretera	Hora	128,00	Q 300,00	Q 38 400,00
1	Cisterna	Hora	32,00	Q 260,00	Q 8 320,00
Sub-Total					Q 46 720,00

MANO DE OBRA

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
1	Piloto cisterna	Hora	32,00	Q 20,00	Q 640,00
1	Maestro de obra	Hora	128,00	Q 25,00	Q 3 200,00
5	Albañil	Hora	128,00	Q 23,00	Q 14 720,00
4	Ayudante	Hora	128,00	Q 19,00	Q 9 728,00
Sub-Total					Q 28,288,00

MATERIALES

Cantidad	Descripción	Unidad	Horas Empleadas	Costo Unitario	Sub-Total
9 950,00	Cemento	Saco	-	Q 75,00	Q 746 250,00
706,00	Arena	m ³	-	Q 180,00	Q 127 080,00
850,00	Grava	m ³	-	Q 210,00	Q 178 500,00
328,00	Tabla	Unidad	-	Q 100,00	Q 32 800,00
70 000,00	Agua	GLS	-	Q 10,00	Q 700 000,00
Sub-Total					Q 1 784 630,00

Total costo directo		Q 1 859 638,00
Costo Indirecto		Q 725 258,82
Total Parcial		Q 2 584 896,82
IVA	12%	Q 310 187,62
TOTAL		Q 2 895 084,44

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. Matriz de evaluación de impacto ambiental del tramo carretero

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL/LEOPOLD MODIFICADO/ TRAMO CARRETERO COMPRENDIDO DEL CASO URBANO HACIA LA ALDEA LAS ESCOBAS																																																		
Factores ambientales	Medio	Físico	Actividad	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		SUMA DE LOS IMPACTOS	IMPACTO POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR MEDIO	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO	VALORACIÓN DEL IMPACTO	CARÁCTER	PERTURBACIÓN	IMPORTANCIA	OCURRENCIA	EXTENSIÓN	DURACIÓN	REVERSIBILIDAD	CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO												
				M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I																									
				Replanteo topográfico		Valor del impacto		Limpia, chapeo y destronque		Valor del impacto		Movimiento de tierra		Valor del impacto		Reacondicionamiento de sub-rasante		Valor del impacto		Capa base granular		Valor del impacto		Riego de imprimación y liga															Valor del impacto		Construcción del tramo con concreto asfáltico		Valor del impacto		Excavación estructural para alcantarillas		Valor del impacto		Construcción de cajas de concreto para alcantarilla	
Factores ambientales	Medio	Físico	Aire	MATERIAL PARTICULADO	A	-1	2	-2	-4	3	12	-9	6	-54	-6	3	18	-6	5	-30	-2	2	-4	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-15	-186	-355	-1748	-2042	-15	-1	3	3	2	2	2	3	Moderado		
				RUIDO	B	-1	2	-2	-3	3	-9	-9	5	-45	-7	3	21	-7	3	21	-7	4	-28	-7	4	-28	-2	2	-4	-1	1	-1	-1	1	-1	-1													1	-8
			Suelo	EROSION	C	-1	2	-2	-2	2	-4	-8	4	-32	-5	2	10	-5	3	15	-4	4	-16	-4	4	-16	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1													1	-6
		INESTABILIDAD	D	-1	2	-2	-4	3	12	-9	7	-63	-4	2	-8	-4	3	12	-6	4	-24	-4	5	-20	-3	3	-9	-3	2	-6	-2	1	-2	-2	1	-6													-166	
		SEDIMENTACION	E	-1	1	-1	-3	3	-9	-6	4	-24	-3	2	-6	-3	3	-9	-5	3	-15	-4	5	-20	-1	1	-1	-2	1	-2	-1	1	-1	-1	1	-10													-99	
		COMPACTACION	F	-1	1	-1	-3	3	-9	-9	4	-36	-4	2	-8	-4	3	12	-4	5	-20	-4	4	-16	-3	3	-9	-3	2	-6	-1	1	-1	-1	1	-12													-131	
	REMOSION DE TIERRA	G	-2	2	-4	-6	4	24	-8	6	-48	-6	2	12	-5	3	15	-5	6	-30	-5	5	-25	-2	1	-2	-4	2	-8	-4	2	-8	-4	2	-15	-199														
	Agua	INUNDACION	H	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	2	-2	-1	1	-1	-1	1	-1	-3	5	-15	-3	4	-12	-1	1	-1	-2	1	-2	-1	1	-1	-2	2	-6	-47													
	CALIDAD DE AGUA	I	-1	1	-1	-3	5	15	-6	5	-30	-2	1	-2	-1	3	-3	-5	4	-20	-6	5	-30	-6	5	30	-2	5	10	-2	2	-4	-2	3	-12	-163														
	REGIMEN PLUVIAL	J	-1	3	-3	-3	4	12	-8	5	-40	-3	3	-9	-4	3	12	-5	4	-20	-8	5	-40	-4	2	-8	-2	2	-4	-2	2	-4	-2	2	-12	-168														
	VARIACION DEL FLUJO	K	-1	3	-3	-1	3	-3	-7	5	-35	-3	3	-9	-4	3	12	-5	4	-20	-8	5	-40	-8	3	24	2	1	2	2	1	2	-3	2	-9	-157														
	AGUA SUBTERRANEA	L	-1	1	-1	-1	1	-1	-7	5	-35	-1	1	-1	-3	3	-9	-4	4	-16	-8	7	-56	-5	4	20	-2	3	-6	-2	1	-2	-2	1	-9	-158														
-693																																																		
-1748																																																		
-2042																																																		
-14																																																		
-1																																																		
2																																																		
3																																																		
2																																																		
2																																																		
2																																																		
3																																																		
Moderado																																																		

Continuación apéndice 10.

Factores ambientales			Medio		Indicadores																												Subtotal		Total		Categoría																							
					Socio económico														Biológico																																									
					Socio económico														Biológico																																									
Factores ambientales	Medio	Flora	CUBIERTA VEGETAL	M	-3	2	-6	-6	4	24	-9	5	45	-6	3	18	-3	2	-6	-7	5	35	-7	5	-35	-2	1	-2	-3	3	-9	-2	1	-2	-2	2	-14	-200	-288	-2042	-12	-1	2	2	2	2	2	2	Moderado											
			TALA O DESBROCE	N	-2	2	-4	-5	4	20	-6	4	24	-2	1	-2	-1	1	-1	-1	1	-1	-4	5	-20	-2	1	-2	-2	1	-2	-1	1	-1	-1	1	-10	-88																						
		Fauna	DIVERSIDAD BIOLÓGICA	Ñ	-1	1	-1	-7	3	21	-8	3	24	-3	1	-3	-4	3	12	-4	2	-8	-4	4	-16	-1	1	-1	-3	2	-6	-1	1	-1	-2	1	-8	-103	-173											-461	-11	-1	2	2	1	2	2	2	Moderado	
			ESPECIES TERRESTRES EN PELIGRO	O	-1	2	-2	-3	3	-9	-3	3	-9	-2	1	-2	-3	2	-6	-3	2	-6	-2	2	-4	-1	1	-1	-2	3	-6	-1	1	-1	-2	1	-8	-56																						
			ESPECIES ACUÁTICAS EN PELIGRO	P	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	2	-2	-1	1	-1	-1	2	-2	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-14																						-14
			USO ACTUAL DEL SUELO	Q	-1	1	-1	-5	3	15	-5	3	15	-5	5	25	-6	5	30	-6	6	36	5	5	25	-4	4	16	-4	4	16	-4	4	16	-3	2	-4	-155																						-453
	ALTERACIÓN TRANSPORTE	R	-1	1	-1	-4	3	12	-6	4	24	-7	5	35	-7	5	35	-5	3	15	5	5	25	-5	5	25	-1	1	-1	-2	2	-4	-2	2	-4	-135																								
	RIESGOS SANITARIOS	S	-1	1	-1	-3	4	12	-3	4	12	-1	1	-1	-1	1	-1	-3	2	-6	-3	5	-15	-6	5	30	-3	5	15	-2	2	-4	-3	2	-2	-105																								
	CIRCULACIÓN Y MOVIMIENTO	T	-1	1	-1	-4	3	12	-6	3	18	-7	5	35	-7	5	35	-5	3	15	9	9	81	-5	3	15	-1	1	-1	-2	1	-2	-2	2	-1	-58																								
	Cultural	POTENCIAL TURÍSTICO Y RECREACIÓN	U	-1	1	-1	-3	2	-6	-3	2	-6	-4	3	12	-4	3	12	-5	3	15	10	10	100	-4	4	16	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-10	19	548	16		1	3	3	2	2	3	3	Alto												
		SALUD	V	-1	4	-4	-5	4	20	-6	4	24	-1	1	-1	-1	1	-1	-3	2	-6	8	8	64	2	1	2	4	5	20	3	2	6	-1	2	-8	26																							
		ACTIVIDAD ECONÓMICA	W	2	4	8	5	6	30	9	5	45	8	5	40	8	5	40	5	5	25	9	9	81	4	4	16	4	6	24	4	6	24	5	5	4	362																							
		SEGURIDAD E HIGIENE LABORAL	X	-1	1	-1	-2	4	-8	-2	4	-8	-2	3	-6	-2	3	-6	-3	2	-6	9	8	72	4	4	16	7	6	42	5	5	25	3	5	6	141																							
	Estético	CALIDAD ESCÉNICA	Y	-1	2	-2	-3	2	-6	-5	3	15	-4	2	-8	-4	2	-8	-5	3	15	9	9	81	1	1	1	4	3	12	4	3	12	4	3	8	72	72	17		1	2	3	3	3	3	3	Alto												

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Coeficientes para momentos negativos en losas

TABLA 12.3
Coeficientes para momentos negativos en losas^a

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

^a Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 378.

Anexo 2. **Coefficientes para momentos positivos por carga muerta en losas.**

TABLA 12.4
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas*

$$M_{d,poz,d1} = C_{a,d1} w l_a^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{d,poz,d2} = C_{b,d1} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a,d1}$ 0.036	$C_{a,d1}$ 0.018	$C_{a,d1}$ 0.018	$C_{a,d1}$ 0.027	$C_{a,d1}$ 0.027	$C_{a,d1}$ 0.033	$C_{a,d1}$ 0.027	$C_{a,d1}$ 0.020	$C_{a,d1}$ 0.023
	$C_{b,d1}$ 0.036	$C_{b,d1}$ 0.018	$C_{b,d1}$ 0.027	$C_{b,d1}$ 0.027	$C_{b,d1}$ 0.018	$C_{b,d1}$ 0.027	$C_{b,d1}$ 0.033	$C_{b,d1}$ 0.023	$C_{b,d1}$ 0.020
0.95	$C_{a,d1}$ 0.040	$C_{a,d1}$ 0.020	$C_{a,d1}$ 0.021	$C_{a,d1}$ 0.030	$C_{a,d1}$ 0.028	$C_{a,d1}$ 0.036	$C_{a,d1}$ 0.031	$C_{a,d1}$ 0.022	$C_{a,d1}$ 0.024
	$C_{b,d1}$ 0.033	$C_{b,d1}$ 0.016	$C_{b,d1}$ 0.025	$C_{b,d1}$ 0.024	$C_{b,d1}$ 0.015	$C_{b,d1}$ 0.024	$C_{b,d1}$ 0.031	$C_{b,d1}$ 0.021	$C_{b,d1}$ 0.017
0.90	$C_{a,d1}$ 0.045	$C_{a,d1}$ 0.022	$C_{a,d1}$ 0.025	$C_{a,d1}$ 0.033	$C_{a,d1}$ 0.029	$C_{a,d1}$ 0.039	$C_{a,d1}$ 0.035	$C_{a,d1}$ 0.025	$C_{a,d1}$ 0.026
	$C_{b,d1}$ 0.029	$C_{b,d1}$ 0.014	$C_{b,d1}$ 0.024	$C_{b,d1}$ 0.022	$C_{b,d1}$ 0.013	$C_{b,d1}$ 0.021	$C_{b,d1}$ 0.028	$C_{b,d1}$ 0.019	$C_{b,d1}$ 0.015
0.85	$C_{a,d1}$ 0.050	$C_{a,d1}$ 0.024	$C_{a,d1}$ 0.029	$C_{a,d1}$ 0.036	$C_{a,d1}$ 0.031	$C_{a,d1}$ 0.042	$C_{a,d1}$ 0.040	$C_{a,d1}$ 0.029	$C_{a,d1}$ 0.028
	$C_{b,d1}$ 0.026	$C_{b,d1}$ 0.012	$C_{b,d1}$ 0.022	$C_{b,d1}$ 0.019	$C_{b,d1}$ 0.011	$C_{b,d1}$ 0.017	$C_{b,d1}$ 0.025	$C_{b,d1}$ 0.017	$C_{b,d1}$ 0.013
0.80	$C_{a,d1}$ 0.056	$C_{a,d1}$ 0.026	$C_{a,d1}$ 0.034	$C_{a,d1}$ 0.039	$C_{a,d1}$ 0.032	$C_{a,d1}$ 0.045	$C_{a,d1}$ 0.045	$C_{a,d1}$ 0.032	$C_{a,d1}$ 0.029
	$C_{b,d1}$ 0.023	$C_{b,d1}$ 0.011	$C_{b,d1}$ 0.020	$C_{b,d1}$ 0.016	$C_{b,d1}$ 0.009	$C_{b,d1}$ 0.015	$C_{b,d1}$ 0.022	$C_{b,d1}$ 0.015	$C_{b,d1}$ 0.010
0.75	$C_{a,d1}$ 0.061	$C_{a,d1}$ 0.028	$C_{a,d1}$ 0.040	$C_{a,d1}$ 0.043	$C_{a,d1}$ 0.033	$C_{a,d1}$ 0.048	$C_{a,d1}$ 0.051	$C_{a,d1}$ 0.036	$C_{a,d1}$ 0.031
	$C_{b,d1}$ 0.019	$C_{b,d1}$ 0.009	$C_{b,d1}$ 0.018	$C_{b,d1}$ 0.013	$C_{b,d1}$ 0.007	$C_{b,d1}$ 0.012	$C_{b,d1}$ 0.020	$C_{b,d1}$ 0.013	$C_{b,d1}$ 0.007
0.70	$C_{a,d1}$ 0.068	$C_{a,d1}$ 0.030	$C_{a,d1}$ 0.046	$C_{a,d1}$ 0.046	$C_{a,d1}$ 0.035	$C_{a,d1}$ 0.051	$C_{a,d1}$ 0.058	$C_{a,d1}$ 0.040	$C_{a,d1}$ 0.033
	$C_{b,d1}$ 0.016	$C_{b,d1}$ 0.007	$C_{b,d1}$ 0.016	$C_{b,d1}$ 0.011	$C_{b,d1}$ 0.005	$C_{b,d1}$ 0.009	$C_{b,d1}$ 0.017	$C_{b,d1}$ 0.011	$C_{b,d1}$ 0.006
0.65	$C_{a,d1}$ 0.074	$C_{a,d1}$ 0.032	$C_{a,d1}$ 0.054	$C_{a,d1}$ 0.050	$C_{a,d1}$ 0.036	$C_{a,d1}$ 0.054	$C_{a,d1}$ 0.065	$C_{a,d1}$ 0.044	$C_{a,d1}$ 0.034
	$C_{b,d1}$ 0.013	$C_{b,d1}$ 0.006	$C_{b,d1}$ 0.014	$C_{b,d1}$ 0.009	$C_{b,d1}$ 0.004	$C_{b,d1}$ 0.007	$C_{b,d1}$ 0.014	$C_{b,d1}$ 0.009	$C_{b,d1}$ 0.005
0.60	$C_{a,d1}$ 0.081	$C_{a,d1}$ 0.034	$C_{a,d1}$ 0.062	$C_{a,d1}$ 0.053	$C_{a,d1}$ 0.037	$C_{a,d1}$ 0.056	$C_{a,d1}$ 0.073	$C_{a,d1}$ 0.048	$C_{a,d1}$ 0.036
	$C_{b,d1}$ 0.010	$C_{b,d1}$ 0.004	$C_{b,d1}$ 0.011	$C_{b,d1}$ 0.007	$C_{b,d1}$ 0.003	$C_{b,d1}$ 0.006	$C_{b,d1}$ 0.012	$C_{b,d1}$ 0.007	$C_{b,d1}$ 0.004
0.55	$C_{a,d1}$ 0.088	$C_{a,d1}$ 0.035	$C_{a,d1}$ 0.071	$C_{a,d1}$ 0.056	$C_{a,d1}$ 0.038	$C_{a,d1}$ 0.058	$C_{a,d1}$ 0.081	$C_{a,d1}$ 0.052	$C_{a,d1}$ 0.037
	$C_{b,d1}$ 0.008	$C_{b,d1}$ 0.003	$C_{b,d1}$ 0.009	$C_{b,d1}$ 0.005	$C_{b,d1}$ 0.002	$C_{b,d1}$ 0.004	$C_{b,d1}$ 0.009	$C_{b,d1}$ 0.005	$C_{b,d1}$ 0.003
0.50	$C_{a,d1}$ 0.095	$C_{a,d1}$ 0.037	$C_{a,d1}$ 0.080	$C_{a,d1}$ 0.059	$C_{a,d1}$ 0.039	$C_{a,d1}$ 0.061	$C_{a,d1}$ 0.089	$C_{a,d1}$ 0.056	$C_{a,d1}$ 0.038
	$C_{b,d1}$ 0.006	$C_{b,d1}$ 0.002	$C_{b,d1}$ 0.007	$C_{b,d1}$ 0.004	$C_{b,d1}$ 0.001	$C_{b,d1}$ 0.003	$C_{b,d1}$ 0.007	$C_{b,d1}$ 0.004	$C_{b,d1}$ 0.002

* Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 379.

Anexo 3. Coeficientes para momentos positivos debido a carga viva en losas

TABLA 12.5
Coeficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas^a

$$M_{a,posit,il} = C_{a,il} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

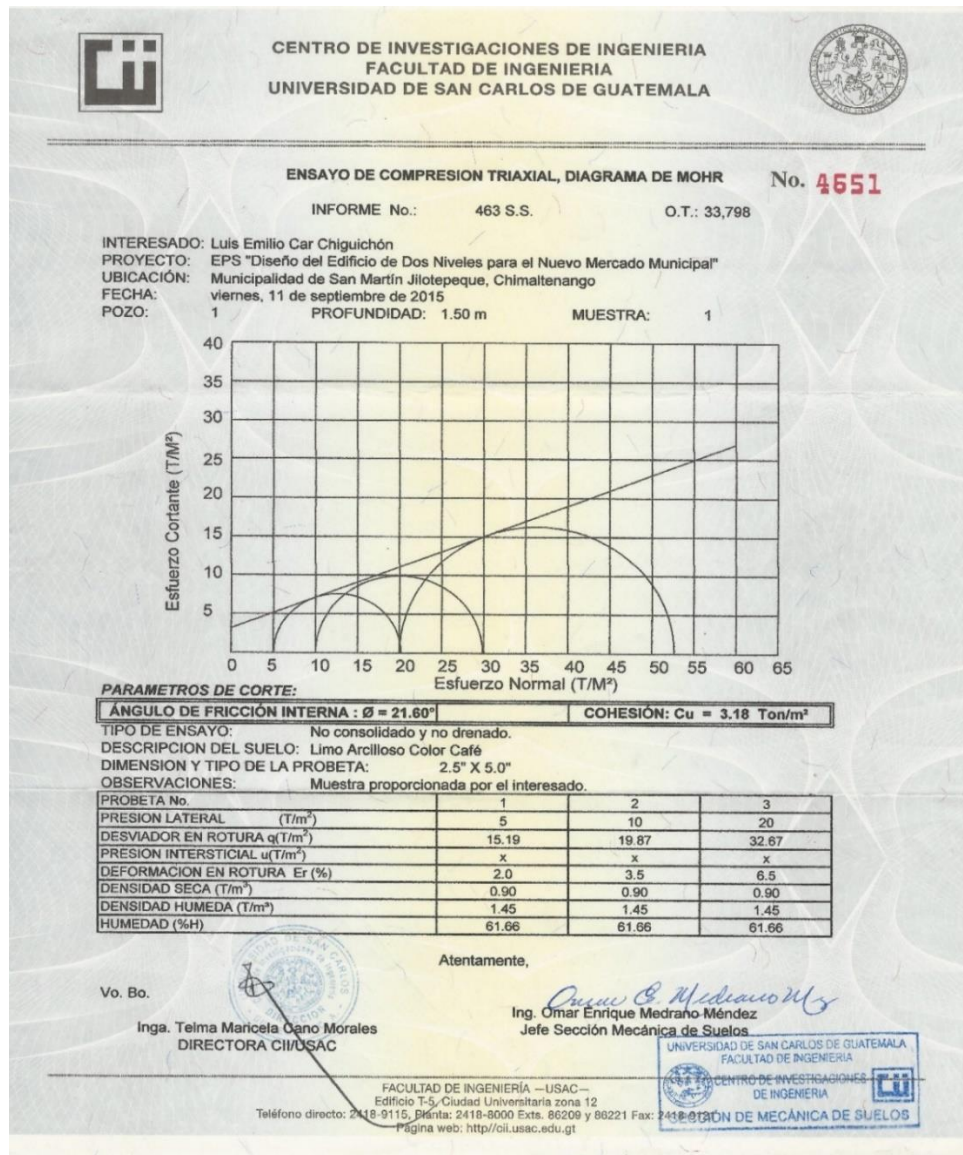
$$M_{b,posit,il} = C_{b,il} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.00	$C_{a,il}$ 0.036	$C_{a,il}$ 0.027	$C_{a,il}$ 0.027	$C_{a,il}$ 0.032	$C_{a,il}$ 0.032	$C_{a,il}$ 0.035	$C_{a,il}$ 0.032	$C_{a,il}$ 0.028	$C_{a,il}$ 0.030
	$C_{b,il}$ 0.036	$C_{b,il}$ 0.027	$C_{b,il}$ 0.032	$C_{b,il}$ 0.032	$C_{b,il}$ 0.027	$C_{b,il}$ 0.032	$C_{b,il}$ 0.035	$C_{b,il}$ 0.030	$C_{b,il}$ 0.028
0.95	$C_{a,il}$ 0.040	$C_{a,il}$ 0.030	$C_{a,il}$ 0.031	$C_{a,il}$ 0.035	$C_{a,il}$ 0.034	$C_{a,il}$ 0.038	$C_{a,il}$ 0.036	$C_{a,il}$ 0.031	$C_{a,il}$ 0.032
	$C_{b,il}$ 0.033	$C_{b,il}$ 0.025	$C_{b,il}$ 0.029	$C_{b,il}$ 0.029	$C_{b,il}$ 0.024	$C_{b,il}$ 0.029	$C_{b,il}$ 0.032	$C_{b,il}$ 0.027	$C_{b,il}$ 0.025
0.90	$C_{a,il}$ 0.045	$C_{a,il}$ 0.034	$C_{a,il}$ 0.035	$C_{a,il}$ 0.039	$C_{a,il}$ 0.037	$C_{a,il}$ 0.042	$C_{a,il}$ 0.040	$C_{a,il}$ 0.035	$C_{a,il}$ 0.036
	$C_{b,il}$ 0.029	$C_{b,il}$ 0.022	$C_{b,il}$ 0.027	$C_{b,il}$ 0.026	$C_{b,il}$ 0.021	$C_{b,il}$ 0.025	$C_{b,il}$ 0.029	$C_{b,il}$ 0.024	$C_{b,il}$ 0.022
0.85	$C_{a,il}$ 0.050	$C_{a,il}$ 0.037	$C_{a,il}$ 0.040	$C_{a,il}$ 0.043	$C_{a,il}$ 0.041	$C_{a,il}$ 0.046	$C_{a,il}$ 0.045	$C_{a,il}$ 0.040	$C_{a,il}$ 0.039
	$C_{b,il}$ 0.026	$C_{b,il}$ 0.019	$C_{b,il}$ 0.024	$C_{b,il}$ 0.023	$C_{b,il}$ 0.019	$C_{b,il}$ 0.022	$C_{b,il}$ 0.026	$C_{b,il}$ 0.022	$C_{b,il}$ 0.020
0.80	$C_{a,il}$ 0.056	$C_{a,il}$ 0.041	$C_{a,il}$ 0.045	$C_{a,il}$ 0.048	$C_{a,il}$ 0.044	$C_{a,il}$ 0.051	$C_{a,il}$ 0.051	$C_{a,il}$ 0.044	$C_{a,il}$ 0.042
	$C_{b,il}$ 0.023	$C_{b,il}$ 0.017	$C_{b,il}$ 0.022	$C_{b,il}$ 0.020	$C_{b,il}$ 0.016	$C_{b,il}$ 0.019	$C_{b,il}$ 0.023	$C_{b,il}$ 0.019	$C_{b,il}$ 0.017
0.75	$C_{a,il}$ 0.061	$C_{a,il}$ 0.045	$C_{a,il}$ 0.051	$C_{a,il}$ 0.052	$C_{a,il}$ 0.047	$C_{a,il}$ 0.055	$C_{a,il}$ 0.056	$C_{a,il}$ 0.049	$C_{a,il}$ 0.046
	$C_{b,il}$ 0.019	$C_{b,il}$ 0.014	$C_{b,il}$ 0.019	$C_{b,il}$ 0.016	$C_{b,il}$ 0.013	$C_{b,il}$ 0.016	$C_{b,il}$ 0.020	$C_{b,il}$ 0.016	$C_{b,il}$ 0.013
0.70	$C_{a,il}$ 0.068	$C_{a,il}$ 0.049	$C_{a,il}$ 0.057	$C_{a,il}$ 0.057	$C_{a,il}$ 0.051	$C_{a,il}$ 0.060	$C_{a,il}$ 0.063	$C_{a,il}$ 0.054	$C_{a,il}$ 0.050
	$C_{b,il}$ 0.016	$C_{b,il}$ 0.012	$C_{b,il}$ 0.016	$C_{b,il}$ 0.014	$C_{b,il}$ 0.011	$C_{b,il}$ 0.013	$C_{b,il}$ 0.017	$C_{b,il}$ 0.014	$C_{b,il}$ 0.011
0.65	$C_{a,il}$ 0.074	$C_{a,il}$ 0.053	$C_{a,il}$ 0.064	$C_{a,il}$ 0.062	$C_{a,il}$ 0.055	$C_{a,il}$ 0.064	$C_{a,il}$ 0.070	$C_{a,il}$ 0.059	$C_{a,il}$ 0.054
	$C_{b,il}$ 0.013	$C_{b,il}$ 0.010	$C_{b,il}$ 0.014	$C_{b,il}$ 0.011	$C_{b,il}$ 0.009	$C_{b,il}$ 0.010	$C_{b,il}$ 0.014	$C_{b,il}$ 0.011	$C_{b,il}$ 0.009
0.60	$C_{a,il}$ 0.081	$C_{a,il}$ 0.058	$C_{a,il}$ 0.071	$C_{a,il}$ 0.067	$C_{a,il}$ 0.059	$C_{a,il}$ 0.068	$C_{a,il}$ 0.077	$C_{a,il}$ 0.065	$C_{a,il}$ 0.059
	$C_{b,il}$ 0.010	$C_{b,il}$ 0.007	$C_{b,il}$ 0.011	$C_{b,il}$ 0.009	$C_{b,il}$ 0.007	$C_{b,il}$ 0.008	$C_{b,il}$ 0.011	$C_{b,il}$ 0.009	$C_{b,il}$ 0.007
0.55	$C_{a,il}$ 0.088	$C_{a,il}$ 0.062	$C_{a,il}$ 0.080	$C_{a,il}$ 0.072	$C_{a,il}$ 0.063	$C_{a,il}$ 0.073	$C_{a,il}$ 0.085	$C_{a,il}$ 0.070	$C_{a,il}$ 0.063
	$C_{b,il}$ 0.008	$C_{b,il}$ 0.006	$C_{b,il}$ 0.009	$C_{b,il}$ 0.007	$C_{b,il}$ 0.005	$C_{b,il}$ 0.006	$C_{b,il}$ 0.009	$C_{b,il}$ 0.007	$C_{b,il}$ 0.006
0.50	$C_{a,il}$ 0.095	$C_{a,il}$ 0.066	$C_{a,il}$ 0.088	$C_{a,il}$ 0.077	$C_{a,il}$ 0.067	$C_{a,il}$ 0.078	$C_{a,il}$ 0.092	$C_{a,il}$ 0.076	$C_{a,il}$ 0.067
	$C_{b,il}$ 0.006	$C_{b,il}$ 0.004	$C_{b,il}$ 0.007	$C_{b,il}$ 0.005	$C_{b,il}$ 0.004	$C_{b,il}$ 0.005	$C_{b,il}$ 0.007	$C_{b,il}$ 0.005	$C_{b,il}$ 0.004

^a Un borde acburado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

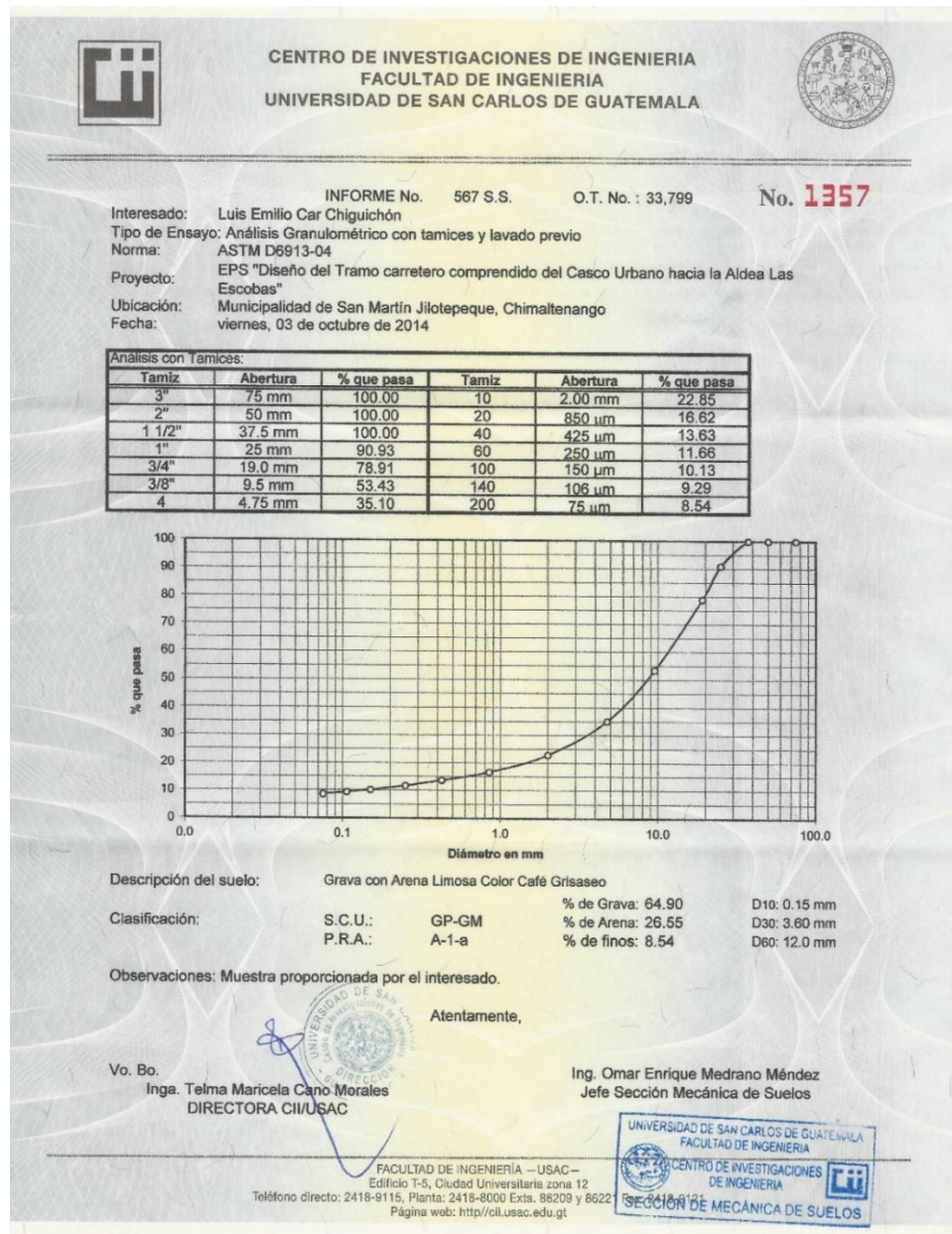
Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 380.

Anexo 4. **Resultado de ensayo de compresión triaxial para el edificio de dos niveles**



Fuente: Sección Mecánica de Suelos. *Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos.*

Anexo 5. **Resultado de ensayo análisis granulométrico con tamices y lavado previo**



Fuente: Sección Mecánica de Suelos. *Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos.*

Anexo 6. Resultado de ensayo de límites de Atterberg



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



INFORME No. 566 S.S.

O.T.: 33,799 No. **1356**

Interesado: Luis Emilio Car Chiguichón

Proyecto: EPS "Diseño del Tramo carretero comprendido del Casco Urbano hacia la Aldea Las Escobas"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipalidad de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango

FECHA: viernes, 03 de octubre de 2014

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Grava con Arena Limosa Color Café Grisaseo

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

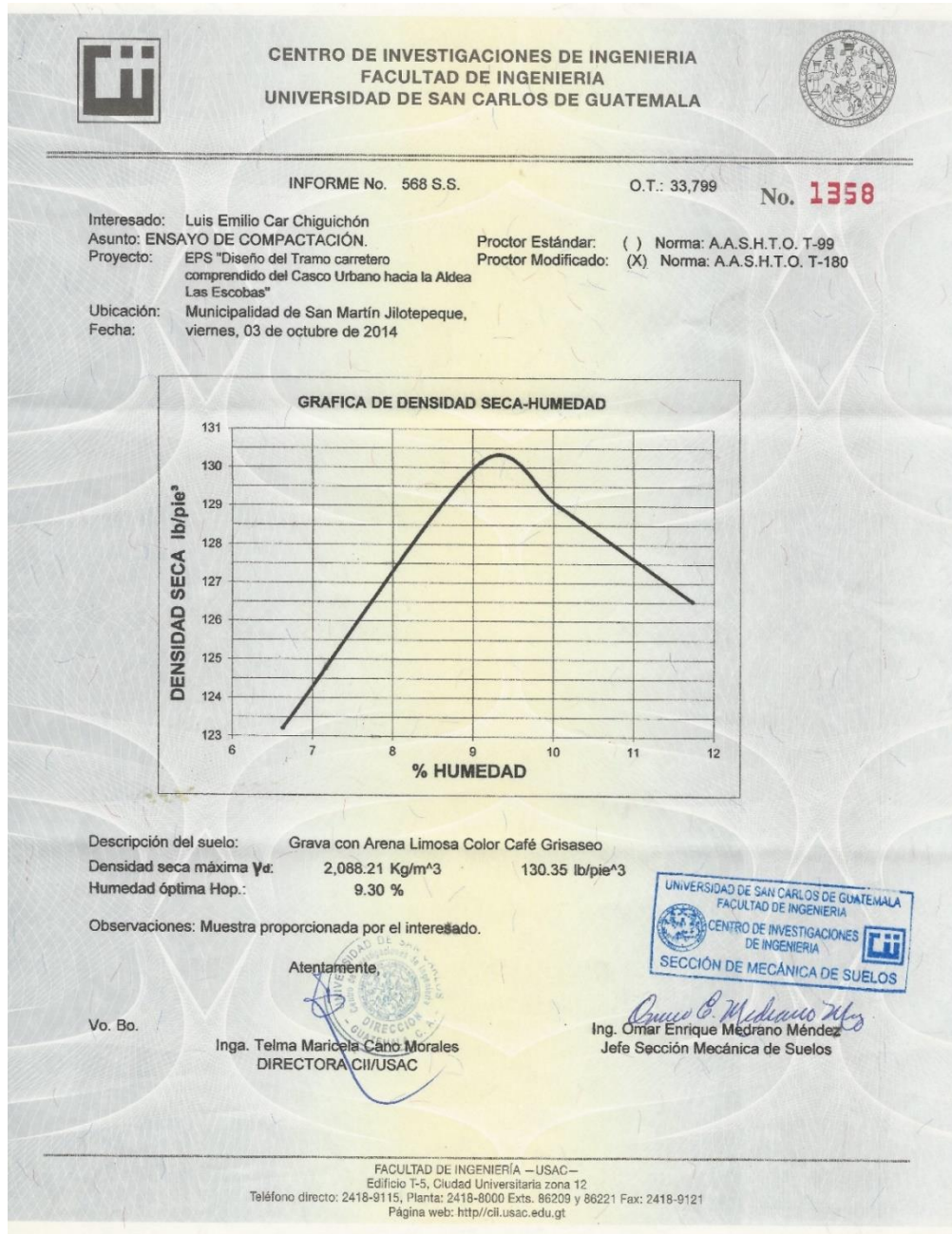


Omar Enrique Madrano Méndez
Ing. Omar Enrique Madrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-9000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

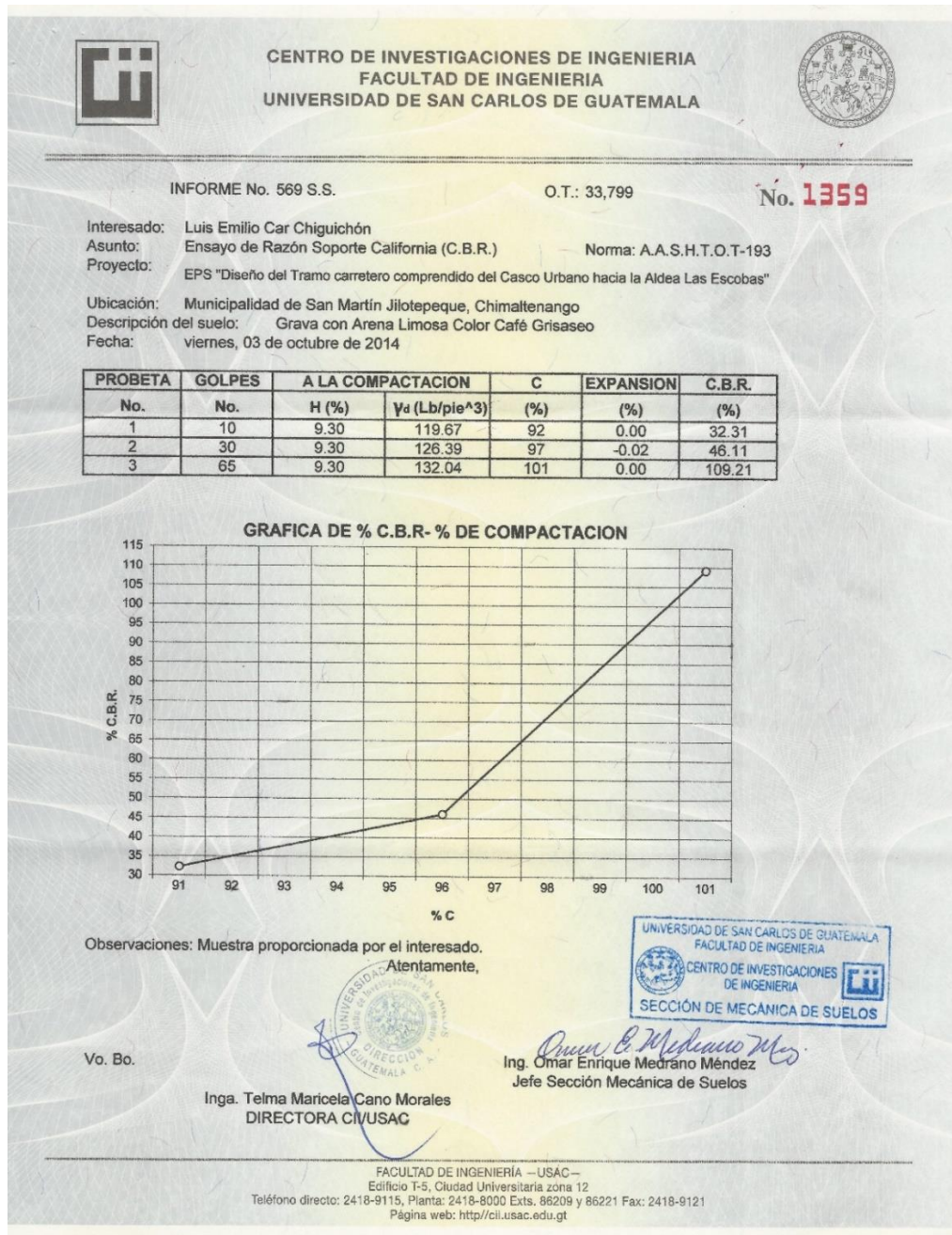
Fuente: Sección Mecánica de Suelos. *Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos.*

Anexo 7. Resultado de ensayo de compactación



Fuente: Sección Mecánica de Suelos. *Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos.*

Anexo 8. Resultado de ensayo de razón soporte california (CBR)



Fuente: Sección Mecánica de Suelos. Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos.