



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

**DISEÑO DEL ASILO MUNICIPAL Y DE CARRETERA PAVIMENTADA
QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL
TABLÓN, AMBOS EN VILLA CANALES, GUATEMALA**

Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL ASILO MUNICIPAL Y DE CARRETERA PAVIMENTADA
QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL
TABLÓN, AMBOS EN VILLA CANALES, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GÁLVEZ
ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
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 ASILO MUNICIPAL Y DE CARRETERA PAVIMENTADA
QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL
TABLÓN, AMBOS EN VILLA CANALES, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 18 de noviembre de 2014.



Jeffrey Estuardo Argueta Galvez



Guatemala, 04 de agosto de 2015
Ref.EPS.DOC.506.08.15

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

Ing. Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez** con carné No. **201114192**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL ASILO MUNICIPAL Y DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN, AMBOS EN VILLA CANALES, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Asesor Supervisor de E.P.S.
Área de ASesoría y SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo
SJRS/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,
25 de agosto de 2015

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 ASILO MUNICIPAL Y DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN, AMBOS EN VILLA CANALES, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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

bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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,
 02 de septiembre de 2015

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 ASILO MUNICIPAL Y DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN, AMBOS EN VILLA CANALES, GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez No. 201114192, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


 Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
 Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 ESTRUCTURAS
 USAC

hbdeb
 Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 4 de septiembre de 2015
Ref.EPS.D.443.09.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL ASILO MUNICIPAL Y DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN, AMBOS EN VILLA CANALES, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez, carné 201114192**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo como Asesor – Supervisor de EPS y Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



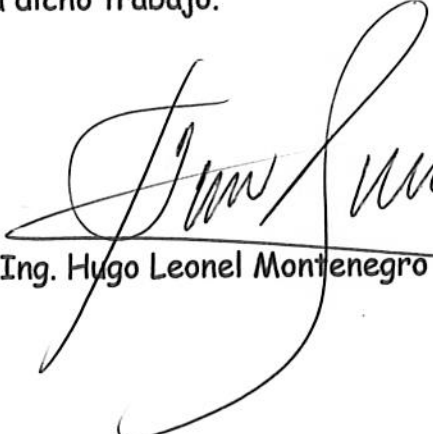
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez, titulado **DISEÑO DEL ASILO MUNICIPAL Y DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN, AMBOS EN VILLA CANALES, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2015.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL ASILO MUNICIPAL Y DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN, AMBOS EN VILLA CANALES, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polar
Decano



Guatemala, septiembre de 2015

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien me guía e ilumina en cada uno de los pasos que doy en la vida.
Mis padres	Oscar Argueta Hernández y Leticia de Jesús Gálvez García, por su apoyo, amor y la paciencia que me han tenido.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y formarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Que me permitió ser parte de tan hermosa y amada Facultad.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis hermanos

Antonio Joshua Alexander y Marlen Jennifer Leticia Solórzano Gálvez, quienes han sido un apoyo en todo momento, que Dios los bendiga.

Mis amigos

Por todo el apoyo que me brindaron como hermanos.

Mi asesor

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, por su gran ayuda y apoyo durante el desarrollo de mi EPS.

Municipalidad de Villa Canales, Guatemala

Por permitirme realizar mi EPS en esta institución y, de esta manera, poder realizarme como profesional.

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 lugar.....	1
1.2. Generalidades	1
1.2.1. Reseña histórica	2
1.3. Características físicas del lugar.....	2
1.3.1. Ubicación y localización.....	3
1.3.2. Clima	3
1.3.3. Suelo y topografía	4
1.3.4. Población y demografía	4
1.4. Características de infraestructura.....	4
1.4.1. Servicios públicos	5
1.4.2. Vías de accesos	5
1.4.3. Salud	5
1.4.4. Energía eléctrica.....	6
1.5. Características socioeconómicas	6
1.5.1. Actividad económica.....	7
1.5.2. Idioma y religión.....	7

1.6.	Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura	7
1.7.	Descripción de las necesidades	8
1.8.	Evaluación y priorización de necesidades.....	8
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño del asilo municipal, Villa Canales	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.2.	Levantamiento topográfico	10
2.1.2.1.	Altimetría	10
2.1.2.2.	Planimetría	11
2.1.3.	Consideraciones de diseño	11
2.1.3.1.	Ubicación y localización del asilo	11
2.1.4.	Estudios de suelos	12
2.1.4.1.	Ensayo de fuerza triaxial	12
2.1.5.	Normas o códigos a utilizar	15
2.1.6.	Diseño arquitectónico	16
2.1.6.1.	Altura del edificio	16
2.1.6.2.	Selección del sistema estructural a utilizar	17
2.1.7.	Análisis estructural	17
2.1.7.1.	Predimensionamiento estructural	18
2.1.7.2.	Vigas	18
2.1.7.3.	Columna	20
2.1.7.4.	Losa	22
2.1.7.5.	Cimientos	23
2.1.7.6.	Rampa.....	25
2.1.8.	Modelos de marcos dúctiles	25
2.1.9.	Cargas aplicadas a los marcos dúctiles	25

2.1.9.1.	Cargas horizontales en marcos dúctiles	26
2.1.9.2.	Método AGIES- asilo	26
2.1.9.3.	Cargas verticales en marcos dúctiles ..	34
2.1.10.	Análisis de fuerzas por marco.....	37
2.1.11.	Análisis de marcos por medio de un método de análisis estructural	43
2.1.11.1.	Método de Kani.....	43
2.1.12.	Desarrollo del método de Kani-carga muerta marco típico eje Y	45
2.1.13.	Análisis de marcos a través de software ETABS....	51
2.1.13.1.	Diagrama de momentos por carga muerta, viva y sísmica	51
2.1.14.	Envolvente de momentos	54
2.1.15.	Diagrama de corte en marcos dúctiles	57
2.1.16.	Diseño de elementos estructurales.....	62
2.1.16.1.	Diseño de losas	63
2.1.16.2.	Losa nivel 1.....	63
2.1.16.3.	Losa nivel 2.....	76
2.1.16.4.	Diseño de viga	76
2.1.16.5.	Diseño de columnas	82
2.1.16.6.	Diseño de zapata.....	94
2.1.16.7.	Diseño de gradas.....	100
2.1.16.8.	Diseño de rampa	104
2.1.17.	Instalaciones.....	107
2.1.17.1.	Instalaciones eléctricas.....	108
2.1.17.2.	Instalaciones hidráulicas.....	112
2.1.17.3.	Instalaciones sanitarias	113
2.1.17.4.	Instalaciones pluviales.....	115

2.1.18.	Evaluación de impacto ambiental.....	117
2.1.19.	Cronograma físico-financiero.....	120
2.2.	Diseño de carretera pavimentada que conduce hacia el cementerio en la aldea El Tablón.....	121
2.2.1.	Descripción del proyecto	121
2.2.2.	Levantamiento topográfico preliminar	122
2.2.2.1.	Levantamiento planimétrico	122
2.2.2.2.	Levantamiento altimétrico.....	123
2.2.3.	Consideraciones de diseño	123
2.2.3.1.	Ubicación y localización del tramo carretero.....	124
2.2.3.2.	Aspecto del camino existente.....	124
2.2.3.3.	Factores de diseño.....	124
2.2.4.	Estudios de suelos	128
2.2.4.1.	Granulometría	128
2.2.4.2.	Límites de Atterberg	129
2.2.4.3.	Proctor.....	130
2.2.4.4.	CBR.....	132
2.2.4.5.	Análisis de resultados	133
2.2.5.	Diseño geométrico	134
2.2.5.1.	Alineamiento horizontal	134
2.2.5.2.	Curvas horizontales.....	134
2.2.5.3.	Diseño de curva horizontal.....	136
2.2.5.4.	Curvas de transición.....	140
2.2.5.5.	Peralte.....	141
2.2.5.6.	Sobreechancho.....	143
2.2.5.7.	Bombeo	143
2.2.5.8.	Alineamiento vertical	146
2.2.5.9.	Curvas verticales.....	146

2.2.6.	Movimiento de tierras	150
2.2.6.1.	Cálculo de áreas transversales.....	150
2.2.6.2.	Cálculo de volúmenes	152
2.2.7.	Estructura de pavimento.....	155
2.2.7.1.	Pavimento rígido.....	155
2.2.7.2.	Componentes estructurales.....	156
2.2.7.3.	Capa de rodadura.....	156
2.2.7.4.	Base	156
2.2.7.5.	Subbase	157
2.2.7.6.	Subrasante	158
2.2.8.	Diseño de pavimento por método de PCA simplificado.....	159
2.2.8.1.	Periodo de diseño.....	159
2.2.8.2.	Conteo de tránsito (TPDA).....	159
2.2.8.3.	Diseño de la base.....	160
2.2.8.4.	Diseño de espesor del pavimento.....	162
2.2.8.5.	Diseño de mezcla del concreto.....	168
2.2.8.6.	Tipos de juntas	172
2.2.9.	Estructura final del pavimento.....	176
2.2.10.	Diseño y localización de drenajes.....	177
2.2.10.1.	Drenajes transversales y longitudinales.....	177
2.2.11.	Evaluación de impacto ambiental	184
2.3.	Presupuesto de la carretera pavimentada que conduce hacia el cementerio, El Tablón, Villa Canales.....	186
2.4.	Cronograma físico-financiero.....	186
CONCLUSIONES		189
RECOMENDACIONES		191

BIBLIOGRAFÍA..... 193
APÉNDICES..... 195
ANEXOS..... 197

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Villa Canales	3
2.	Ubicación de asilo, Villa Canales, Guatemala	12
3.	Sección de viga	19
4.	Área tributaria para columna	20
5.	Sección de columna	21
6.	Área de losa crítica.....	22
7.	Planta, edificio del asilo municipal.....	23
8.	Elevación marco típico, sentido x	24
9.	Elevación marco rígido, sentido y.....	24
10.	Zonificación sísmica para la República de Guatemala.....	27
11.	Área tributaria para vigas	38
12.	Cargas actuantes en el marco típico en el eje Y	42
13.	Cargas actuantes en el marco típico en el eje x.....	42
14.	Análisis de Kani, a través de hoja de cálculo	50
15.	Momentos producidos por carga muerta (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido Y	51
16.	Momentos producidos por carga viva (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido Y	52
17.	Momentos producidos por carga sísmica (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido Y	52
18.	Momentos producidos por carga muerta (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido X.....	53

19.	Momentos producidos por carga viva (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido X.....	53
20.	Momentos producidos por carga sísmica (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas , sentido X.....	54
21.	Diagrama de momentos últimos (kilogramo-centímetro), eje x en vigas.....	56
22.	Diagrama de momentos últimos (kilogramo-centímetro), eje x en columnas.....	56
23.	Diagrama de momentos últimos (kilogramo-centímetro), eje y en vigas.....	57
24.	Diagrama de momentos últimos (kilogramo-centímetro), eje y en columnas.....	57
25.	Cargas actuantes en vigas.....	58
26.	Diagrama de corte último (kilogramo), eje x en vigas	61
27.	Diagrama de corte último (kilogramo), eje x en columnas	61
28.	Diagrama de corte último (kilogramo), eje y en vigas y columnas	62
29.	Diagrama de corte último (kilogramo), eje y en columnas	62
30.	Planta típica distribución de losas.....	63
31.	Planta de momentos (lado a) actuantes en losa típica nivel 1	67
32.	Planta de momentos (lado b) en losa típica nivel 1	68
33.	Planta de momentos balanceados (lado a) en losa nivel 1	70
34.	Planta de momentos balanceados (lado b) en losa nivel 1	71
35.	Diagrama de momentos y cortes últimos en la viga (kilogramo-centímetro).....	76
36.	Armado de viga.....	79
37.	Armado final, viga A.....	81
38.	Sección de columna.....	89
39.	Armado final de columna	94
40.	Detalle de gradas.....	103

41.	Detalle de armado de rampa	107
42.	Elementos de la curva circular	137
43.	Componentes de curva vertical	147
44.	Tipos de secciones transversales	152
45.	Volumen entre secciones del mismo tipo	153
46.	Volumen entre secciones de diferente tipo.....	154
47.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos	161
48.	Esquema de juntas en un pavimento	173
49.	Mapa de la cuenca	177
50.	Predimensionamiento de la cuneta	182
51.	Detalle de cuneta	184

TABLAS

I.	Valor soporte permisible del suelo	15
II.	Altura o espesores mínimos de vigas.....	18
III.	Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño.....	28
IV.	Guía para clasificación de sitio.....	29
V.	Coefficiente de sitio F_a	30
VI.	Coefficiente de sitio F_v	30
VII.	Factores de escala	31
VIII.	Coefficientes y factores para diseño de sistemas sismorresistentes	33
IX.	Integración de cargas I.....	40
X.	Integración de cargas II.....	41
XI.	Resultados de Kani con carga muerta	49
XII.	Resultados envolvente de momentos, eje x.....	54
XIII.	Resultados envolvente de momentos, eje y.....	55
XIV.	Resultados de vigas corte último, eje y	59

XV.	Resultados de vigas corte último, eje x.....	59
XVI.	Resultados de columnas corte último, eje x.....	60
XVII.	Resultados de columnas corte último, eje y.....	60
XVIII.	Áreas de acero requeridas en losas típicas del nivel 1, eje x-x	75
XIX.	Áreas de acero requeridas en losas típicas del nivel 1, eje y-y	75
XX.	Niveles de iluminación	108
XXI.	Tabla de corriente y potencia soportada según calibre AWG	111
XXII.	Unidades de gasto	112
XXIII.	Unidades de descarga	114
XXIV.	Diámetro del colector	114
XXV.	Presupuesto del asilo municipal, Villa Canales.....	119
XXVI.	Cronograma físico-financiero	121
XXVII.	Valores típicos de resistencia de suelos	125
XXVIII.	Tabla de crecimiento anual y periodo de 20 años	127
XXIX.	Clasificación de material según partículas.....	129
XXX.	Características de los suelos	130
XXXI.	Clasificación y características de las carreteras	136
XXXII.	Peralte y longitud de espiral recomendados	142
XXXIII.	Especificaciones de sobreebanco.....	144
XXXIV.	Resumen de diseño geométrico	145
XXXV.	Valores para K para curvas cóncavas y convexas	148
XXXVI.	Resumen de diseño de curvas verticales	150
XXXVII.	Cálculo de un área transversal por determinantes.....	151
XXXVIII.	Calidad de subrasante en función del CBR	158
XXXIX.	Espesor de capa base	161
XL.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje	163
XLI.	Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados	165
XLII.	TTPD permisible, categoría de carga por eje núm. 1, pavimento con junta de trabazón de agregado	167

XLIII.	Asentamiento según estructura.....	169
XLIV.	Relación agua - asentamiento.....	170
XLV.	Relación agua- cemento	170
XLVI.	Porcentaje de agregado fino	171
XLVII.	Valores de escorrentía	178
XLVIII.	Tiempos de concentración	179
XLIX.	Matriz de Leopold de impacto ambiental para pavimento	185
L.	Presupuesto de la carretera pavimentada que conduce hacia el cementerio, El Tablón, Villa Canales.....	186
LI.	Cronograma de actividades	187

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada cierta distancia
hn	Altura de alma
bw	Ancho del alma de viga T
b	Ancho del elemento en sección
B	Ancho de viga T
A	Área
As	Área de acero de refuerzo
Asmax	Área de acero máximo
Asmin	Área de acero mínimo
Astemp	Área de acero por temperatura
Ag	Área gruesa, área total de la sección
Av	Área transversal de varilla
Az	Área zapata
P	Carga aplicada a la columna
P'o	Carga axial de resistencia de la columna
PCR	Carga crítica de pandeo de Euler
Qp	Carga de punta de pilote
P'ux	Carga de resistencia de columna a una excentricidad ex.
P'uy	Carga de resistencia de columna a una excentricidad ey.
P'u	Carga de resistencia de la columna
P't	Carga de trabajo actuando en la columna

CM	Carga muerta
Qs	Carga por fricción del pilote
CU	Carga última
CV	Carga viva
cm	Centímetro
n	Coeficiente de rugosidad
c	Coeficiente para momentos en losas
K	Constante para diseño de curvas verticales
Vmax	Corte máximo actuante
CM	Cuerda máxima
ø	Diámetro
D	Diámetro de la tubería
a	Distancia a la que se intercepta la resultante de la carga con la base del estribo.
di	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido considerado.
d	Distancia efectiva de un elemento
Δ	Deflexión
E	Esbeltez de la columna
q'	Esfuerzo efectivo
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
e	Excentricidad extrema en compresión al centroide del refuerzo en tensión.
E	External
φ	Factor de reducción
Fni	Fuerza por nivel, en el nivel i
km	Kilómetro
π	Letra phi, equivalente a 3,1416
lb	Libras

l/h/a	Litros por habitante por año
l/h/d	Litros por habitante por día
l/s	Litros por segundo
S	Longitud de ala de viga T
Lo	Longitud de confinamiento de estribos
Lc	Longitud de curva
Lcv	Longitud de curva vertical
Ls	Longitud de espiral
δ	Magnificador de momentos
PVC	Material a base de cloruro de polivinilo
ADS	Material a base de polietileno de alta densidad
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m	Metro lineal
m/s	Metros por segundo
Es	Módulo de elasticidad del acero
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
E	Módulo de elasticidad del material
M	Momento
Mb	Momento balanceado
Md	Momento de diseño (magnificado)
M't	Momento efectivo de trabajo
MCM	Momento inducido por la carga muerta
MCV	Momento inducido por la carga viva
MS	Momento inducido por la fuerza sísmica
M(-)	Momento negativo
M(+)	Momento positivo
Mx	Momento último actuando en el sentido x

My	Momento último actuando en el sentido y
S	Pendiente
e%	Peralte de curva horizontal
t'	Peralte de losa
f'c	Peso específico del concreto
Pu	Peso último
q	Presión sobre el suelo
qu	Presión última sobre el suelo
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección curva vertical
PT	Punto de tangencia
PTV	Punto de tangencia vertical
Q	Quetzal (moneda)
R	Radio
m	Relación entre los claros de la losa a/b
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
fy	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
Vr	Resistencia al esfuerzo cortante del concreto
Ki	Rigidez de un elemento
Sa	Sobreancho
St	Subtangente
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero necesaria para resistir esfuerzos inducidos en los elementos estructurales, evitando grietas, expansión o contracción por temperatura en el concreto.
Aguas residuales	Desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua provenientes de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
Azimut	Ángulo horizontal referido desde el norte magnético o verdadero, determinado astronómicamente, su rango varía de 0° a 360°.
Banco de marca	Punto de altimetría cuya altura o cota es conocida y se utilizará para determinar alturas o cotas siguientes.
Bases de diseño	Bases técnicas utilizadas para la creación de los proyectos, varían de acuerdo al tipo de proyecto.
Carga muerta	Peso constante soportado por un elemento estructural durante su vida útil, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable, dado por el uso previsto para la estructura, usuarios, muebles, maquinaria móvil, entre otros, soportado por el elemento.

Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que fluye dentro de una tubería, en un determinado punto de observación durante un instante.
Cimiento corrido	Estructura que sirve de apoyo para muros, transmite estas cargas a las zapatas y al suelo.
Columna	Elemento estructural capaz de resistir carga axial de compresión y que tiene una altura de por lo menos, tres veces su menor dimensión lateral.
Columna esbelta	Columna en la cual, además de resistir carga axial, también resiste esfuerzos flexionantes, debido a la longitud del elemento en relación a la menor dimensión de sección transversal.
Compactación	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando de esta manera su densidad y su capacidad de soportar cargas.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado, banco de marca o nivel del mar.
Cuneta	Zanja lateral paralela al eje de la carretera, entre los extremos de los hombros y al pie de los taludes.
Descarga	Lugar donde se depositan las aguas residuales que provienen de un colector.

Desfogue	Salida de aguas residuales en un punto determinado.
Dotación	Cantidad de agua necesaria para consumo, requerida por una persona en un día.
Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.
Especificaciones	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo a las características y tipo de proyecto, son de carácter específico bajo estándares de calidad y seguridad.
Excentricidad	Se produce cuando el centro de masa no coincide con el centro de gravedad, produciendo esfuerzos adicionales por torsión.
Fluencia	Capacidad del acero de resistir esfuerzos debido a cargas de tensión o compresión, presentando deformaciones uniformes para luego regresar a su estado original luego de la aplicación de carga.
Infom	Instituto de Fomento Municipal.
Momento	Esfuerzo debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Peralte	Pendiente transversal en las curvas a la calzada de una carretera para compensar la fuerza centrífuga.

Perfil	Visualización en plano de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a banco de marca.
Rasante	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
Solera	Elemento estructural horizontal que sirve para darle mayor resistencia a un muro, además de resistir los esfuerzos inducidos en este.
Subrasante	Se define así al terreno de fundación de los pavimentos, pudiendo estar constituida por el suelo natural del corte o de la parte superior de un relleno debidamente compactado.
Valor soporte	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.
Zapata	Estructura cuya función es transmitir la carga al subsuelo a una presión de acuerdo a las propiedades del suelo.

RESUMEN

Este trabajo de graduación trata sobre el diseño del pavimento y el asilo del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala, y es resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El primer proyecto es el diseño de un asilo municipal de dos niveles, debido al incremento de habitantes de tercera edad, el cual incluirá todos los aspectos estructurales adecuados según los parámetros de diseño que sean convenientes por el tipo de edificación. El proyecto se diseñó con base en un sistema estructural, tomando en cuenta las consideraciones sísmicas, por lo tanto, se contemplaron normas del AGIES y el ACI para el diseño de losas, vigas, columnas, zapatas y también el módulo de gradas.

El otro proyecto consiste en diseñar 1,7 kilómetros de carretera, en la aldea El Tablón, que se dirige hacia el cementerio de la aldea. Actualmente, esta carretera se encuentra en malas condiciones, por lo que es un problema transitar con vehículo liviano y pesado. La carretera existente no está diseñada según los parámetros adecuados establecidos en las normas que se encuentra en las *Especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes* según la Dirección General de Caminos.

OBJETIVOS

General

Diseñar un asilo municipal para la cabecera municipal y una carretera pavimentada que conduce hacia el cementerio en la aldea El Tablón, Villa Canales, Guatemala.

Específicos

1. Desarrollar una investigación sobre la monografía de la aldea El Tablón y del casco municipal.
2. Solucionar la problemática tomando en cuenta las necesidades de la población del municipio de Villa Canales.
3. Crear una ruta en óptimas condiciones hacia el cementerio ubicado en la aldea El Tablón.
4. Elaborar detalladamente la planificación de materiales y presupuesto de los proyectos de asilo municipal y pavimentación de carretera.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en coordinación con la Municipalidad de Villa Canales y el Consejo Comunitario de Desarrollo (Cocode) de la aldea El Tablón, para paliar los problemas existentes, entre los que sobresalen: la circulación vial por la falta de pavimento en las vías principales y un asilo municipal para resguardar la población de tercera edad.

El trabajo espera contribuir con la solución de los problemas que existen en la comunidad y en el municipio, realizando el diseño de pavimentación de la carretera y asilo municipal.

En el capítulo 1 se detalla la monografía y el diagnóstico de las comunidades. El capítulo 2 describe la fase técnica que es el diseño del asilo municipal, los parámetros que debe cumplir, tanto estructurales como arquitectónicos, y presenta el proceso de diseño de la carretera pavimentada hacia el cementerio, con los parámetros a utilizar.

Al final, se presentan las conclusiones a las que se llegaron, producto del trabajo realizado, y las respectivas recomendaciones, para que sean tomadas en cuenta. Asimismo, se incluye la bibliografía y los apéndices correspondientes.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del lugar

Villa Canales es uno de los 338 municipios de la República de Guatemala y pertenece al departamento de Guatemala. Tiene una extensión de alrededor de 35 kilómetros cuadrados, el 7 de mayo de 1921 se le llamó Villa Canales. Cuando Amatitlán dejó de ser un departamento, Villa Canales pasó a ser municipio del departamento de Guatemala en 1935.

El significado del nombre de Villa Canales tiene varias versiones, la monografía del municipio que hizo la Municipalidad, dice que nombre de Canales fue dado porque en sus fincas es muy utilizado el sistema de riego por medio de canales.

1.2. Generalidades

El municipio de Villa Canales está situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la Región I o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud 14° 28' 53" y en la longitud 90° 32' 00". Cuenta con 1 villa, 13 aldeas y 42 caseríos. Las aldeas son: Boca del Monte, Colmenas, Cumbre San Nicolás, Chichimecas, El Durazno, El Jocotillo, El Obrajuelo, El Porvenir, Los Dolores, Los Pocitos, El Tablón, Santa Elena Barillas y Santa Rosita.

La aldea San José El Tablón, conocida por los pobladores como El Tablón, se ubica en la latitud 14 grados 29 minutos 05 segundos y longitud 90

grados 31 minutos 57 segundos. Se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 1 280 metros.

Para efectos de la investigación, en el presente trabajo se utilizará El Tablón como nombre de la aldea.

1.2.1. Reseña histórica

Conocido antiguamente como Santa Inés Petapa, posteriormente se le denominó San José Villa Canales, su nombre actual se reduce únicamente a Villa Canales. El 23 de septiembre de 1915 se dispuso “El Presidente Constitucional de la República. Acuerda: Acceder a la solicitud de los vecinos de Pueblo Viejo, departamento de Amatitlán, sobre cambiar la denominación de aquel municipio por el de San José Villa Canales”¹. En 1921 se inició a denominar al poblado Villa Canales.

La aldea El Tablón se llamaba El Pajal, porque la construcción de las viviendas era a base de paja y caña de milpa. El cementerio se encontraba en la entrada de la aldea, habiendo sido trasladado al lugar actualmente llamado El Pajal.

1.3. Características físicas del lugar

La región donde se encuentra localizada la aldea El Tablón, es una zona rodeada de montañas y barrancos, por lo que su topografía es accidentada. Existen en el lugar variedad de cultivos y vida vegetal, por ejemplo: naranja, mandarina, limón, jocote, frijol, maíz y café.

¹ Constitución Política de la República de Guatemala.

1.3.1. Ubicación y localización

Limita al norte con el municipio de Guatemala (Guatemala); al sur con los municipios de San Vicente Pacaya (Escuintla) y Barberena (Santa Rosa); al este con los municipios de Barberena (Santa Rosa), Santa Catarina Pinula y Fraijanes (Guatemala); y al oeste con los municipios de Guatemala, Petapa, Amatitlán (Guatemala) y San Vicente Pacaya (Escuintla). Su extensión territorial de 353 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 215 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado. Está a una distancia de 24 km de la cabecera departamental de Guatemala.

Figura 1. Ubicación del municipio de Villa Canales



Fuente: Nuestro Diario. [en línea] <noticias.com.gt/temas/nuestro-diario>. Consulta: 14 de abril de 2015.

1.3.2. Clima

El clima es templado y el invierno se presenta entre abril y noviembre. La precipitación pluvial es de 1 000 a 1 500 milímetros

1.3.3. Suelo y topografía

El 85 % del territorio de Villa Canales muestra una pendiente el terreno plano, que equivale a un 15 %, se encuentra al centro del municipio. Además, posee un suelo con tierras fertilizadas por el volcán de Pacaya.

1.3.4. Población y demografía

Los habitantes de la aldea El Tablón son apegados a sus costumbres históricas y religiosas. La comunidad tiene una población de 3 801 habitantes con 950 viviendas, lo que hace una media de 3 a 5 personas por hogar. La población estudiantil es de 2 674 alumnos, distribuidos entre: educación primaria, secundaria y diversificado. Sus habitantes están organizados en comités promejoramiento de agua potable, escuela, carretera, cultura y festejos.

El crecimiento demográfico del municipio de Villa Canales ha sido acelerado, como sucede en casi todos los municipios del departamento, principalmente los de la región sur. Según los datos que se manejan hasta ahora, el 3 % de la población es indígena y el 94 % es mestiza o ladina, además de un 3 % que ignora su etnia.

1.4. Características de infraestructura

Hay una diferencia marcada en cuanto a la infraestructura. En el centro del municipio y en las aldeas, las casas en su mayoría son de *block* y concreto. En las zonas del perímetro del casco urbano, la mayoría de casas están construidas de *block*, algunas de adobe, con techo de lámina, lo que refleja la condición económica del lugar. Se encuentran edificaciones importantes casco urbano y la aldea Boca del Monte.

1.4.1. Servicios públicos

El servicio de transporte es extraurbano y urbano. Existe una corporación de transportes que presta el servicio a la población con unidades de buses y microbuses para todas las colonias vecinas y la ciudad capital. Villa Canales cuenta con el servicio de luz, alumbrado público y agua potable. Actualmente todas las aldeas cuentan con este vital servicio, aunque en algunas no es domiciliar, sino que son pozos públicos.

1.4.2. Vías de accesos

Las calles de cabecera municipal están asfaltadas y en las aldeas, la mayoría de calles son de terracería. El acceso a la cabecera desde la ciudad está totalmente asfaltado. La comunicación vial entre las comunidades del municipio de Villa Canales se lleva a cabo por carreteras asfaltadas, de terracería, empedradas y adoquinadas. Algunas de las vías de comunicación de Villa Canales son: carretera Interamericana CA-1, línea férrea (estación Morán), el tramo caminero entre Villa Canales e Hincapié.

A la aldea El Tablón se llega por caminos parcialmente pavimentados. La carretera principal parte de la cabecera municipal de Villa Canales hacia el casco de la aldea.

1.4.3. Salud

Es la salud una de las áreas más afectadas por el empobrecimiento. Actualmente se han buscado mejoras implementando clínicas móviles y abriendo nuevos centros de salud. Las condiciones de salud de las personas empeoran cuanto mayores sean las carencias de servicios o medidas

suplementarias que permitan enfrentar estas carencias. Únicamente en la cabecera municipal y en algunas aldeas se han construido puestos de salud, los cuales prestan sus servicios a la población con bastantes limitaciones. El municipio cuenta con poco personal capacitado profesionalmente a su servicio.

1.4.4. Energía eléctrica

En el municipio de Villa Canales, en especial en el casco urbano, se utiliza energía eléctrica monofásica de 110 y 220 voltios. De igual manera, en algunas aldeas desarrolladas, un 95 % de la población goza de este servicio. En la aldea El Tablón la población cuenta con energía eléctrica monofásica (110 voltios, 60 hertz) y utiliza de cuatro a seis focos promedio por vivienda.

1.5. Características socioeconómicas

Existen varias industrias que brindan muchos puestos de trabajo, tales como Pegon, La Floresteria, Granja Avícola Rancho K, entre otros, esta última proporciona empleo a las comunidades del sur del municipio.

Este municipio es el máximo productor de piña de primera calidad a nivel nacional, debido a las tierras fertilizadas por el volcán de Pacaya y su clima adecuado para la producción. En las áreas conocidas como El Jocotillo y El Obrajuelo es donde se encuentran las mayores plantaciones.

La pobreza es uno de los factores que más afectan al municipio para el desarrollo, ya que no toda la población tiene la opción de trabajar o estudiar.

1.5.1. Actividad económica

Se cultiva principalmente café, caña de azúcar y piña (razón por la cual estos elementos aparecen notablemente en el escudo del municipio).

En la aldea El Tablón las principales actividades económicas son: la agricultura y el comercio. La producción agrícola, en orden de importancia, es: maíz, frijol y árboles frutales.

1.5.2. Idioma y religión

El idioma predominante que se habla es el español. Los habitantes están apegados a sus costumbres históricas y religiosas. Predomina la religión católica, siguiéndole la evangélica, testigos de Jehová y mormones.

1.6. Diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura

De acuerdo con la investigación realizada para futuros proyectos en la comunidad, se priorizan las siguientes necesidades, en orden de importancia:

- Agua potable
- Centro o servicio para el adulto mayor
- Centros de salud
- Mejoramiento o implementación de nuevas carreteras
- Drenajes
- Transporte público

1.7. Descripción de las necesidades

El municipio carece de ciertos servicios, entre los cuales están la atención a personas mayores y la comunicación por carreteras en buenas condiciones. El abandono de las personas mayores ha cobrado una gran importancia en los últimos años, por lo que es necesario construir un lugar digno para ellos.

Las carreteras tienen un papel importante debido a que gracias a ellas la población puede movilizarse de un lugar a otro, por lo que el tener carreteras adecuadas facilitará el traslado de las personas y disminuirá el riesgo de accidentes debido a malos diseños en ellas.

1.8. Evaluación y priorización de necesidades

La evaluación y priorización de las necesidades se realizó por medio de entrevistas a los alcaldes auxiliares de las comunidades, además de tomar en cuenta la opinión de la directora de la Oficina Municipal de Planificación. Finalmente, se optó por lo siguiente:

- Asilo municipal, debido a que las personas mayores son importantes y luego del gran esfuerzo que han hecho a lo largo de su vida, merecen tener un descanso digno.
- Diseño de carretera pavimentada hacia el cementerio en la aldea El Tablón, porque en la actualidad es importante contar con un servicio fúnebre adecuado, además de la mejor transitabilidad en la aldea y sus alrededores, sobre todo para la población que vive en dirección hacia el cementerio.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del asilo municipal, Villa Canales

La fase técnica de este diseño se enfoca en buscar una solución a la problemática de la carencia del servicio, el cual comprende del cuidado para el adulto mayor. Se realiza un estudio de las condiciones y factores a tomar en cuenta para realizar el diseño de una manera correcta, siguiendo las normativas establecidas para el diseño de edificaciones en Guatemala.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto está diseñado para proveer un servicio para la comunidad canaleña, el cual pueda satisfacer las necesidades de los adultos mayores quienes necesitan de una ayuda para realizar sus actividades diarias en el casco urbano del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala.

El asilo se divide en varios ambientes:

- El primer nivel cuenta con áreas de recepción y de servicio.
- En el segundo nivel están las habitaciones para el cuidado de los ancianos.
- Módulo de gradas.
- Rampa.

Actualmente, la población tiene la necesidad del servicio del cuidado de las personas mayores, debido a que ese grupo ha crecido.

La estructura del módulo del asilo está diseñada con marcos dúctiles y losas de cyoncreto armado, los muros están considerados como tabiques de mampostería reforzada de *block* pómez, ventanas y puertas de madera.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Son las medidas horizontales y verticales necesarias para obtener el dimensionamiento, localización y la nivelación del terreno donde se ubicará la edificación. El levantamiento topográfico se realizó por medio de procedimientos de ingeniería con un equipo topográfico.

2.1.2.1. Altimetría

Se refiere a los trabajos necesarios para representar, sobre el plano horizontal, la tercera dimensión del terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción. A todo este procedimiento se le llama nivelación. Para la nivelación del terreno donde se ubicará la edificación se utilizó el siguiente equipo:

- Teodolito
- Trípode
- Estadal
- Plomada
- Pintura
- Cinta métrica

2.1.2.2. Planimetría

La planimetría toma en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario que se supone es la superficie media de la tierra y se considera cuando se miden distancias horizontales.

La planimetría del terreno se realizó a través de una poligonal cerrada, utilizando el método de conservación de azimut, tomando en cuenta la compensación de distancias para disminuir el error.

2.1.3. Consideraciones de diseño

Según como sea la ubicación y localización del proyecto, así se realizará el diseño, tomando en cuenta los factores del terreno y la topografía del mismo. En el lugar no existe otro asilo cercano al casco municipal, por lo que se busca que este tenga la capacidad para servir a la población del municipio de Villa Canales. Se cuenta con un terreno de 1 500 metros cuadrados, de forma irregular.

2.1.3.1. Ubicación y localización del asilo

El proyecto se ubicará en la cabecera municipal de Villa Canales, un poco retirado de la concentración urbana para mayor tranquilidad, y con fácil acceso. Este se encuentra en la 4ta avenida y 3era calle final, zona 1, Villa Canales.

Coordenadas de donde se planea realizar el proyecto: 14° 29' 11" N, 90° 31' 51" N.

Figura 2. **Ubicación de asilo, Villa Canales, Guatemala**



Fuente: Google Earth 2015. https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth. Consulta: 21 de abril de 2015.

2.1.4. Estudios de suelos

Permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir, la composición de los elementos en las capas profundas.

2.1.4.1. Ensayo de fuerza triaxial

El ensayo consiste en extraer una muestra inalterada de 1 pie cúbico del suelo en el que se pretende cimentar y a la profundidad propuesta de cementación, para determinar su valor soporte, cohesión y ángulo de fricción interna.

El valor soporte de un suelo es su capacidad para soportar una carga sin que se produzcan fallas dentro de su masa. El cálculo del valor soporte se

realizó con la ecuación de capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas:

$$q_o = 1,3 * C_u * N_c + \gamma_s * D_c * N_q + 0,4 * B * \gamma * N_r$$

Para su cálculo se utilizaron los siguientes datos, obtenidos en el laboratorio como resultado del ensayo compresión triaxial:

q_o = valor de esfuerzo límite

C_u = coeficiente de cohesión del suelo = 2,80 T/m²

Φ = ángulo de fricción interna = 14,05°

N_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

γ_s = peso específico del suelo = 1,87 T/m³

D_c = desplante de cimentación = 1,80 m

N_q = factor de capacidad de carga debido a la sobre carga = 4,02

B = base de la zapata = 1,00 m

N_y = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo = 1,26

F_s = factor de seguridad = (1-5)

Ángulo de fricción interna

$C_u = 2,80 \text{ T/m}^2$

$\Phi = 14,05^\circ$

$$\Phi_{\text{rad}} = (14 * \pi) / 180 = 0,24 \text{ rad}$$

Factor de flujo de carga

$$N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\Phi}{2}\right) * e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_q = \tan^2(45+14/2) * (e^{\pi \tan 14})$$

$$N_q = 3,59$$

Factor de flujo de carga última

$$N_c = \cot \Phi * (N_q - 1)$$

$$N_c = \cot(14) * (3,59 - 1)$$

$$N_c = 10,37$$

Factor de flujo de carga

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) \tan(\theta)$$

$$N_\gamma = 2 * (3,59 + 1) * (\tan(14))$$

$$N_\gamma = 2,29$$

Capacidad portante neta última

$$q_{on} = 1,3 * C_u * N_c + \gamma_s * D_c * N_q + 0,4 * \gamma_s * B * N_\gamma$$

$$q_{on} = ((1,3) * (2,80) * (10,37)) + ((1,87) * (1,80) * (3,59)) + ((0,4) * (1,87) * (1) * (2,29))$$

$$q_{on} = 37,75 + 12,08 + 1,71 = 51,54 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{on} = 51,54 \text{ ton/m}^2$$

Factor de seguridad (FS) = 2,5. Se utilizó este factor ya que el suelo es limoso y arenoso, con este factor se estarán cubriendo las deficiencias que pudieran haberse cometido en la obtención de la muestra, traslado y realización del ensayo, dando seguridad a la construcción con un valor mayor al calculado y entrando en el rango de valor soporte para los diferentes tipos de suelo conforme la tabla I que se muestra a continuación.

$Q_d = \text{capacidad portante neta última} / \text{factor de seguridad}$

$Q_d = 51,54 / 2,5$

$Q_d = 20,616 \text{ ton/m}^2$

Tabla I. **Valor soporte permisible del suelo**

Valor soporte permisible, según tipo de suelo		
MATERIAL DEL SUELO	TON/M ²	OBSERVACIONES
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada y porosa	22-86	
Suelos gravillosos	90	Compactados, buena granulometría
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: VILLALAZ, Crespo. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 193.

2.1.5. Normas o códigos a utilizar

Para la distribución y disposición de áreas, aspectos estructurales y de funcionamiento, se aplican las normas contenidas en el *Reglamento de construcciones de edificios*, ACI, AGIES y criterios personales. Además, para los criterios de modulación y espacios se utilizó *Arte de proyectar en arquitectura* de Neufert, con el fin de elaborar un diseño adecuado.

2.1.6. Diseño arquitectónico

Los dormitorios se diseñaron con un área de 20 m², con forma rectangular de 5 x 4 m. Son dobles, esto quiere decir para dos personas. Tienen un baño completo, armario, cama, mesa de cama y televisión.

El diseño arquitectónico debe tener espacios con buena disposición de áreas libres, distribución y forma adecuada de los ambientes, para lograr la comodidad de los adultos mayores y que el edificio sea funcional.

El proyecto consistirá en la construcción de 15 dormitorios y 11 ambientes diferentes que se encuentran en el primer y segundo nivel, los cuales son: parqueo, dormitorios, información, bodega, cocina, comedor, sala de espera, recreación, clínica, dormitorio de servicio, limpieza, servicios sanitarios para damas y caballeros, rampa.

2.1.6.1. Altura del edificio

El edificio consta de dos niveles, cada nivel tendrá 3 metros de altura, para hacer un total de 6 metros.

La altura de todos los dormitorios es la misma y se deja con estas medidas para dar confort, tanto en los ambientes como en los espacios de circulación. La altura de piso a cielo es de 2,85 metros.

2.1.6.2. Selección del sistema estructural a utilizar

El sistema estructural deberá tener resistencia y rigidez verticales apropiadas, para resistir las cargas gravitacionales especificadas según la norma, dentro de los límites específicos de deformación.

Elegir un sistema estructural no se puede determinar de manera inmediata, sino que conlleva a muchas consideraciones y factores importantes como:

- Cumplir los requisitos de funcionalidad de la edificación
- La estructura debe soportar las cargas verticales y horizontales
- Una estructura segura y económica

Existen sistemas que se desempeñan mejor que otros en las eventualidades sísmicas, por lo que se busca un equilibrio que favorezca todos los aspectos mencionados. Para este proyecto se decidió utilizar el sistema de marcos dúctiles, con losas planas de concreto reforzado.

2.1.7. Análisis estructural

El análisis estructural se basa en aplicar métodos de análisis a secciones propuestas, para el cálculo previo del diseño estructural, de esta manera se determinan los esfuerzos causados en los elementos estructurales y que estos sean resistentes. Para el análisis de esta edificación se utilizará el método de Kani y un software para el análisis del mismo.

2.1.7.1. Predimensionamiento estructural

Predimensionar un elemento estructural consiste en estimar secciones preliminares, las cuales serán utilizadas para soportar las cargas aplicadas a la estructura. Existen diversos procedimientos para predimensionar los elementos, en este proyecto se aplicaron los métodos del ACI 318-99, los cuales se detallan a continuación.

2.1.7.2. Vigas

Para predimensionar las vigas se utiliza el método recomendado en el ACI 318-99, sección 9.5.2, tabla I, el cual calcula el peralte o altura de la viga, dependiendo de la luz que cubre y de sus apoyos. Por razones de simetría se calculará la viga más crítica y de mayor longitud.

Tabla II. **Altura o espesores mínimos de vigas**

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u deflexiones grandes			
Losas macizas en una dirección	$\frac{L}{20}$	$\frac{L}{24}$	$\frac{L}{28}$	$\frac{L}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{L}{16}$	$\frac{L}{18.5}$	$\frac{L}{21}$	$\frac{L}{8}$

Fuente: ACI 318-99. Sección 9.5.2, tabla 1.

Nota: los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en elementos de concreto de peso normal ($WC = 2\,400\text{ kg/m}^3$) y refuerzo grado 420 MPa (40 000 PSI).

Datos:

$L = 5\text{ m}$ (longitud más crítica)

$h =$ peralte

Solución:

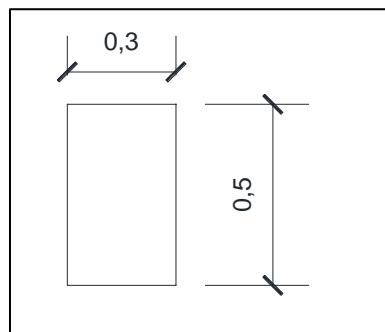
$h = L/10 = 5/10 = 0,50\text{m}$

Base de la viga = $h/2$

Base de la viga = $0,50/2 = 0,25\text{ m} = 0,30$

Base de viga = $0,30\text{ m}$ sección de viga = $0,50*0,30\text{ m}$

Figura 3. **Sección de viga**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

2.1.7.3. Columna

El método utilizado para predimensionar las columnas se basa en la carga aplicada y el área tributaria, para luego calcular la sección. Para calcular las secciones de las columnas, se tomará como base la columna más crítica, o la que soporta mayor carga.

Datos:

P = carga axial

P = área tributaria x peso específico concreto

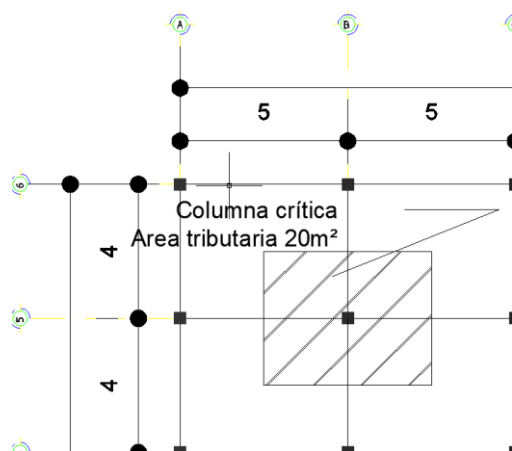
$F'c$ = 210 kg/cm

$F'y$ = 2 810 kg/cm

A_g = área gruesa de columna

A_s = área de acero, $1\%(A_g) \leq A_s \leq 6\%(A_g)$

Figura 4. Área tributaria para columna



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

Fórmula:

$$P = 0,8 * (0,225 * f' c * AgF' y * As)$$

$$1\% Ag \leq As \leq 8\% Ag \text{ (según ACI 318-99, sección 21. 4.3)}$$

Solución

$$P \text{ (carga)} = (\text{peso de (losa + vigas + muros)} + \text{carga viva})$$

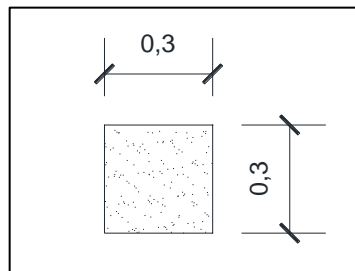
$$P = (0,10 * 2\ 400 * 20 + 9 * 0,30 * 0,50 * 2\ 400 + 2 * 18 * 3 + 500 * 20) = 18\ 148\text{kg}$$

$$18\ 148,0 = 0,8 ((0,225 * 210 * Ag) + (2\ 810 * 0,01 * Ag)) = (18\ 148,0 / 0,8) /$$
$$((0,225 * 210) + (2\ 810 * 0,01)) = Ag$$

$$Ag = ((18\ 148,0 / 0,8) / ((0,225 * 210) + (2\ 810 * 0,01))) = 301,06 \text{ cm}^2$$

Se propone una columna de $30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$

Figura 5. **Sección de columna**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

2.1.7.4. Losa

Las losas son elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen de la intemperie y para transmitir cargas verticales y horizontales. Por su espesor, pueden dividirse en cascarones ($t < 0,09$), planas ($0,09 \leq t \leq 0,14$) y nervadas ($t > 0,14$).

- Para losas en dos direcciones, ACI recomienda:

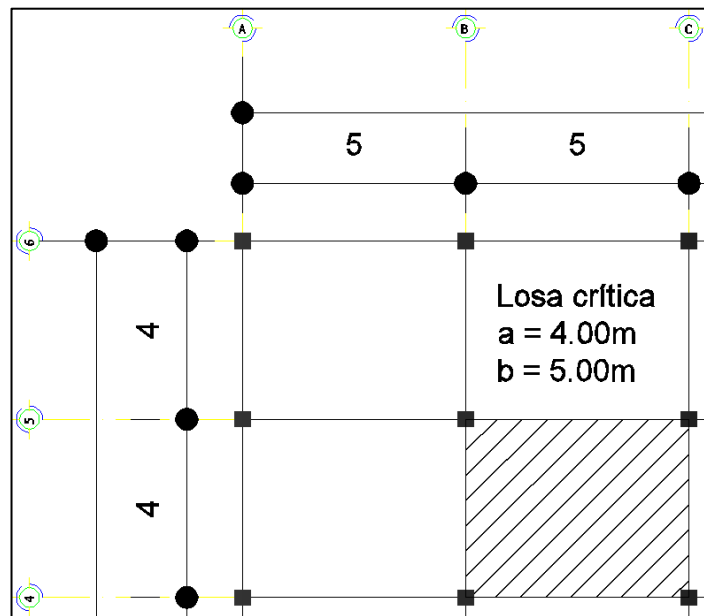
Espesor de losa = perímetro / 180

$$T = 18/180 = 0,10$$

$$T = 0,10 \text{ m}$$

Espesor de losa = 0,10 m

Figura 6. Área de losa crítica



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

$a/b > 0,5$, trabaja en dos sentidos

$a/b < 0,5$, trabaja en un sentido

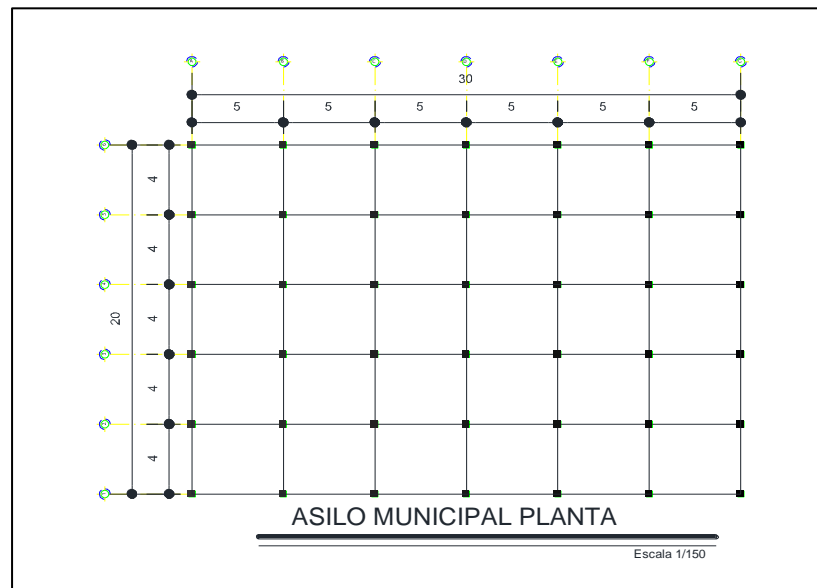
$A = 4$ Y $B = 5$

$0,8 > 0,5$, entonces la losa trabaja en dos sentidos.

2.1.7.5. Cimientos

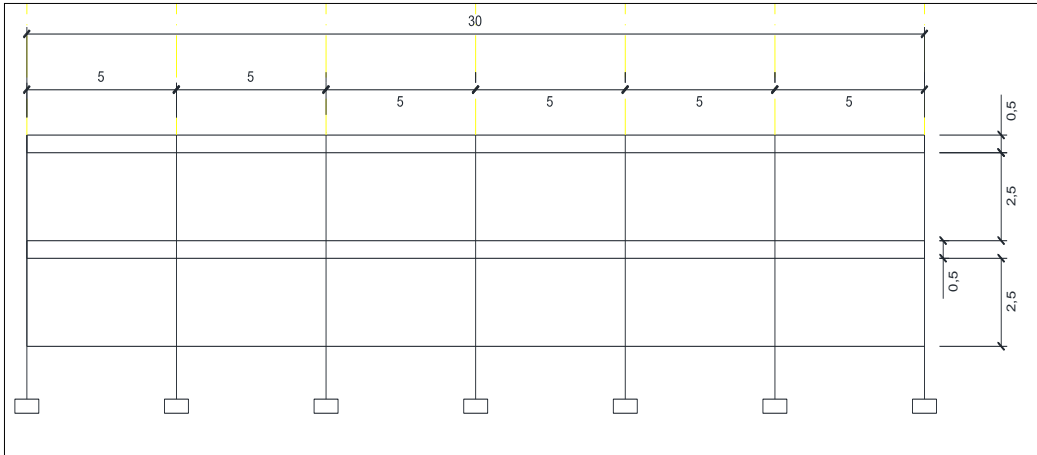
Para los cimientos se usan zapatas aisladas, cuyo predimensionamiento se presenta en el diseño de zapatas. Con los resultados obtenidos del predimensionamiento y tomando en cuenta la distribución arquitectónica, se presenta la figura 7, donde se muestra la planta típica acotada con su respectiva distribución de vigas y columnas.

Figura 7. **Planta, edificio del asilo municipal**



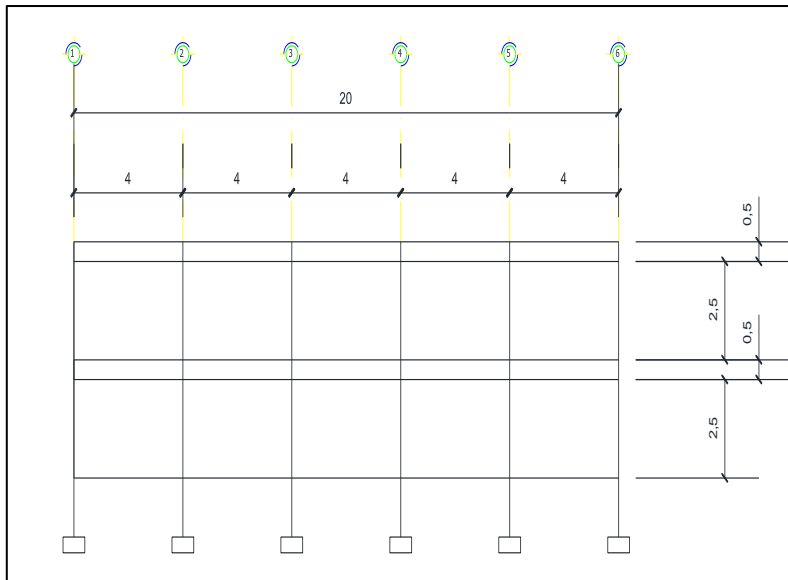
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

Figura 8. Elevación marco típico, sentido x



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

Figura 9. Elevación marco rígido, sentido y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

2.1.7.6. Rampa

Se utilizará una rampa de acceso de la planta baja hacia la planta alta, la cual posteriormente se diseñará como una losa inclinada. La rampa tendrá un ancho de 2 m y una longitud de 12 m, con un descanso, para luego continuar con otros 12 m y 2 de ancho, tendrá una pendiente de aproximadamente 12 %, pasa el límite de pendiente del 8 % máxima, según el *Arte de proyectar arquitectura* de Neufert. Sin embargo, el POT estima una rampa hasta de 12 % como máximo, utilizando reducidos o bandas antideslizantes para mejorar la fricción, con un barandal en ambos lados para mejorar la seguridad.

2.1.8. Modelos de marcos dúctiles

El modelo matemático de un marco dúctil es una gráfica que representa tanto la forma como las cargas que soportan el marco y que sirve para realizar el análisis estructural.

Las figuras 8 y 9 muestran los modelos matemáticos de los marcos dúctiles en el sentido X y en el sentido Y, respectivamente. La integración de cargas muertas y vivas se muestra en la sección 2.1.9.3.

2.1.9. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles

Las cargas en una estructura, de acuerdo con la dirección en que se aplican, se divide en: horizontal y vertical

2.1.9.1. Cargas horizontales en marcos dúctiles

Existen dos fuerzas horizontales a las que está expuesto un edificio: viento y sismo. Generalmente, se considera en el análisis estructural únicamente una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente.

Guatemala es un país con riesgo sísmico, por tal razón se diseñan los edificios tomando en cuenta este fenómeno. Para encontrar las fuerzas sísmicas del edificio del asilo municipal, se aplicó el método AGIES, de la manera siguiente:

2.1.9.2. Método AGIES- asilo

Corte basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. El corte basal está dado por la fórmula siguiente:

$$V = C_s * W_s$$

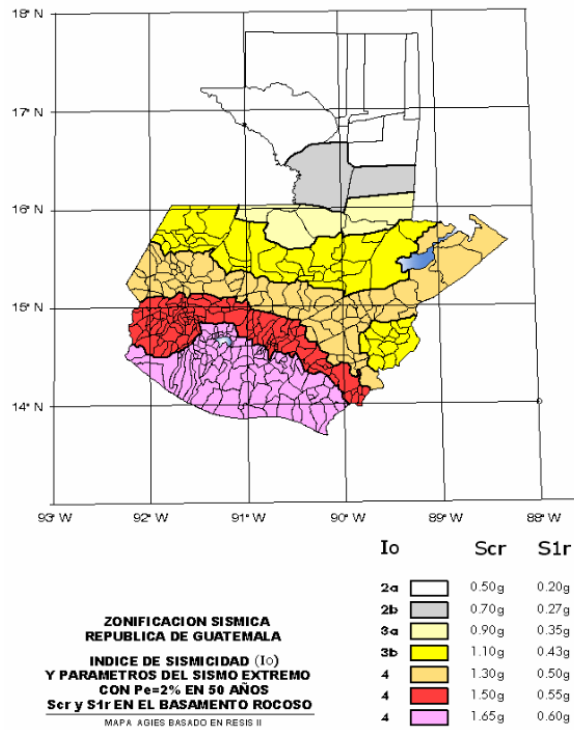
Donde:

W_s = peso de la edificación

C_s = coeficiente sismo de diseño

Como primer paso, se ubica la zona en donde será construida la edificación según el mapa AGIES.

Figura 10. Zonificación sísmica para la República de Guatemala



Fuente: Normas de seguridad AGIES. www.conred.gob.gt/www/normas/. Consulta: 3 de mayo de 2015.

Io = índice de sismicidad es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad.

Scr = ordenada espectral de periodo corto.

S1r = ordenada espectral con periodo de 1 segundo del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés.

$$Io = 4$$

$$Scr = 1,50g \quad S1r = 0,55g$$

Se determina el nivel de protección por la probabilidad del sismo.

Tabla III. **Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño**

Índice de Sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
Io = 5	E	E	D	C
Io = 4	E	D	D	C
Io = 3	D	C	C	B
Io = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5% en 50 años	5% en 50 años	10% en 50 años	No aplica
a) ver clasificación de obra en Capítulo 3, norma NSE 1 b) ver índice de sismicidad en Sección 4.2.1 c) ver Sección 4.3.4, para selección de espectro sísmico de diseño según probabilidad de excederlo d) para ciertas obras que hayan sido calificadas como "críticas" el ente estatal correspondiente puede considerar probabilidad de excedencia de 2% en 50 años ($K_d = 1.00$ en sección 4.3.4) e) "esencial" e "importante" tienen la misma probabilidad de excedencia – se diferencian en el Nivel de Protección y en las deformaciones laterales permitidas				

Fuente: *Normas de seguridad AGIES*. www.conred.gov.gt/www/normas/. Consulta: 4 de mayo de 2015.

Prioridad importante: clase de obra = D

Se calcula el periodo de vibración

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

Donde

h_n = es la altura total del edificio, en metros, desde la base definida.

K_t y x = factor utilizada dependiendo del sistema estructural según los siguientes casos.

- $K_T = 0,049$, $x = 0,75$ para sistemas estructurales E1, E3, E4 o E5.
- $K_T = 0,047$, $x = 0,90$ solamente para sistemas estructurales E2 de concreto reforzado que sean abiertos o con fachadas de vidrio o paneles livianos y pocas particiones rígidas.

- $K_T = 0,047$, $x = 0,85$ para sistemas E2 de concreto reforzado con fachadas rígidas o que no cumplan con el párrafo anterior.
- $K_T = 0,072$, $x = 0,80$ solamente para sistemas estructurales E2 de acero que sean abiertos o con fachadas de vidrio o paneles livianos y pocas particiones rígidas.
- $K_T = 0,072$, $x = 0,75$ para sistemas E2 de acero rigidizados.

Se usará un $K_t = 0,047$ y $x = 0,90$ para marcos estructurales de concreto reforzado que sean abiertos o fachadas de vidrio o paneles livianos.

$$T_a = 0,047(6)^{0,90} = 0,2357 \text{ seg}$$

Se hacen los ajustes por clase de sitio.

- Cálculo de coeficientes de sitio F_a y F_v , estos dependen de la clase de sitio, que varía según el tipo de suelo.

Tabla IV. **Guía para clasificación de sitio**

Clase de Sitio		V_{ps} todo el perfil	N_p todo el perfil	N_{ac} sector no-cohesivo	S_{ac} sector cohesivo
AB	Roca	750 m/s	No aplica	No aplica	No aplica
C	Suelo muy denso o roca suave	750 a 360 m/s	≥ 30	≥ 30	> 200 kPa
D	Suelo firme y rígido	360 a 180 m/s	30 a 5	30 a 5	200 a 50 kPa
E	Suelo suave	< 180 m/s	≤ 5	≤ 5	< 50 kPa
		Cualquier perfil de suelo con un estrato de 3.0 m o más con índice de plasticidad $IP > 20$; humedad $w \geq 40\%$ y $S_{uc} < 25$ kPa			
F	Suelo con problemas especiales	Véase NSE 2.1 Capítulo 5			

Fuente: Normas de seguridad AGIES. www.conred.gob.gt/www/normas/. Consulta: 4 de mayo de 2015.

Clase de sitio = D, lo que corresponde a un suelo firme y rígido.

Donde:

Fa = coeficiente de sitio para periodos de vibración cortos y se obtiene de la tabla V.

Fv = coeficiente de sitio para periodos largos y se obtiene de la tabla VI.

Tabla V. **Coeficiente de sitio Fa**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	1.7	1.2	1.0	0.9	0.9
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: *Normas de seguridad AGIES*. www.conred.gob.gt/www/normas/. Consulta: 5 de mayo de 2015.

Tabla VI. **Coeficiente de sitio Fv**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5
E	3.2	2.8	2.6	2.4	2.4
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: *Normas de seguridad AGIES*. www.conred.gob.gt/www/normas/. Consulta: 6 de mayo de 2015.

$$F_a = 1,0$$

$$F_v = 1,5$$

Cálculo de $S_{cs} = S_{cr} * F_a$ y $S_{1s} = S_{1r} * F_v$

Donde:

S_{cs} = ordenada espectral del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con periodo de vibración corto.

S_{1s} = ordenada espectral correspondiente a periodos de vibración de 1 segundo.

$$S_{cs} = 1,50 * 1,0 = 1,50$$

$$S_{1s} = 0,55 * 1,5 = 0.825$$

- Periodo de transición (T_s)

T_s = el periodo que separa los periodos cortos de los largos.

$$T_s = S_{1s}/S_{cs}$$

$$T_s = 0,825 / 1,50 = 0,55$$

- Factores de escala

Tabla VII. **Factores de escala**

Factores de escala

Los siguientes factores determinan los niveles de diseño:

Sismo ordinario	-- 10% probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d=0.66$
Sismo severo	-- 5% probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d=0.80$
Sismo extremo	-- 2% probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d=1.00$
Sismo mínimo	-- condición de excepción	$K_d=0.55$

Fuente: *Normas de seguridad AGIES*. www.conred.gob.gt/www/normas/. Consulta: 7 de mayo de 2015.

Donde K_d es un coeficiente que determina los niveles del diseño.

Se calculará para un sismo severo, que quiere decir un 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años, por lo que el K_d es de 0,80

- Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

$$S_{cd} = K_d * S_{cs}$$

$$S_{1d} = K_d * S_{1s}$$

$$S_{cd} = 0,80 * 1,50 = 1,2$$

$$S_{1d} = 0,80 * 0,825 = 0,66$$

- Las ordenadas espectrales $S_a(T)$ para cualquier periodo de vibración T , se definen con:

$$S_a(T) = S_{cd} \text{ si } T < T_s$$

$$S_a(T) = S_{1d} / T \text{ si } T > T_s$$

$$\text{Como } T_a < T_s$$

$$0,2357 < 0,55$$

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

Donde

$S_a(T)$ = demanda sísmica de diseño para una estructura con periodo T , obtenida del espectro de diseño sísmico establecido para el sitio.

Se calcula el coeficiente de corte basal según AGIES

$$C_s = S_a(T) / R$$

Donde R depende del sistema de marcos que se haya escogido.

Para esto se escogieron marcos tipo A, con una gran capacidad sismoresistente.

Donde

R = factor genérico de reducción de respuesta sísmica depende de las características genéricas del sistema estructural seleccionado por los diseñadores.

Tabla VIII. **Coefficientes y factores para diseño de sistemas sismorresistentes**

	SISTEMA ESTRUCTURAL (sección 1.5)	Sistema Construtivo Véase Secc1.5.8	R	Ω_r	C_d	Límite de altura en metros			
						Nivel de Protección			
						B	C	D	E
E1	SISTEMA DE MARCOS								
E1-A	Marcos tipo A	NSE 7.1	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
	De concreto reforzado	NSE 7.5	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
	De acero estructural								
E1-B	Marcos tipo B	NSE 7.1	5	3	4.5	50	30	12	NP
	De concreto reforzado	NSE 7.5	4.5	3	4	50	30	12	NP
	De acero estructural								
E1-C	Marcos tipo C	NSE 7.1	3	3	3	30	NP	NP	NP
	De concreto reforzado	NSE 7.5	3.5	3	2.5	30	NP	NP	NP
	De acero estructural								

Fuente: *Normas de seguridad AGIES*. www.conred.gob.gt/www/normas/. Consulta: 7 de mayo de 2015.

$$C_s = 1,2/8 = 0,15$$

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

2.1.9.3. Cargas verticales en marcos dúctiles

También llamadas cargas por gravedad, se dividen en carga viva y carga muerta. La carga viva es ocasional, como el peso de personas. La carga muerta es aquella que permanece constante, inamovible y permanente dentro de una estructura, generalmente está constituida por el peso propio de los elementos que integran la estructura.

Datos:

Peso del concreto = 2 400 kg/m³

Acabados = 60 kg/m²

Peso de piso = 90 kg/m²

Peso de muros = 180 kg/m²

- Segundo nivel, carga muerta

$W_{Losa} = (\text{espesor de losa}) \cdot (\text{área tributaria}) \cdot (\text{peso del concreto})$

$$W_{losa} = (0,10 \cdot 600 \cdot 2\,400) = 144\,000,0 \text{ kg}$$

$$W_{col} = (0,30 \cdot 0,30 \cdot 1,5 \cdot 2\,400 \cdot 42) = 13\,608,0 \text{ kg}$$

$$W_{acabados} = (600 \cdot 60) = 36\,000 \text{ kg}$$

$$W_{muros} = (100 \cdot 1,5 \cdot 180) = 27\,000 \text{ kg}$$

$$W_{viga} = (0,30 \cdot 0,50 \cdot 320 \cdot 2\,400) = 115\,200 \text{ kg}$$

$$\text{Total de carga muerta } (W_{CM}) = 335\,808 \text{ kg}$$

Carga viva (W_{CV}) = (CV) * (área tributaria)

$$\text{Carga viva } (W_{CV}) = (150 \text{ kg/m}^2) \cdot (600 \text{ m}^2) = 90\,000 \text{ kg}$$

Peso de la estructura = $W_{2\text{nivel}}$

$$W_{2\text{nivel}} = W_{\text{CM}} + 0,25W_{\text{CV}}$$

$$W_{2\text{nivel}} = 335\,808 + (0,25 \cdot 90\,000) = 358\,308 \text{ kg}$$

$$W_{2\text{nivel}} = 358\,308 \text{ kg} = 358,31 \text{ Ton}$$

- Primer nivel, carga muerta:

$$W_{\text{losa}} = (0,10 \cdot 600 \cdot 2\,400) = 144\,000 \text{ kg}$$

$$W_{\text{col}} = (0,30 \cdot 0,30 \cdot 3 \cdot 2\,400 \cdot 42) = 27\,216,0 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = (600 \cdot 60) = 36\,000 \text{ kg}$$

$$W_{\text{piso}} = (600 \cdot 90) = 54\,000 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muros}} = (100 \cdot 3 \cdot 180) = 54\,000 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,30 \cdot 0,50 \cdot 320 \cdot 2\,400) = 115\,200,0 \text{ kg}$$

$$\text{Total de carga muerta } (W_{\text{CM}}) = 430\,416 \text{ Kg}$$

$$\text{Carga viva } (W_{\text{CV}}) = (\text{CV}) \cdot (\text{área tributaria})$$

$$\text{Carga viva } (W_{\text{CV}}) = (350 \text{ kg/m}^2) \cdot (600 \text{ m}^2) = 210\,000 \text{ kg}$$

Peso de la estructura = $W_{1\text{nivel}}$

$$W_{1\text{nivel}} = W_{\text{CM}} + 0,25W_{\text{CV}}$$

$$W_{1\text{nivel}} = 430\,416 + (0,25 \cdot 210\,000) = 482\,916 \text{ kg}$$

$$W_{1\text{nivel}} = 482\,916 \text{ kg} = 482,92 \text{ Ton}$$

Peso total de la estructura = W_{Total}

$$W_{\text{Total}} = W_{2\text{nivel}} + W_{1\text{nivel}}$$

$$W_{\text{Total}} = 358\,308 + 482\,916 = 841\,224 \text{ kg}$$

$$W_{\text{Total}} = 841\,224 \text{ Kg} = 841,22 \text{ Ton}$$

Corte basal: $Cs \cdot W_{Total}$

$$V = (0,15 \cdot 841\,224) = 126\,183,6 \text{ kg}$$

$$V = 126\,183,6 \text{ Kg} = 126,18 \text{ Ton}$$

Fuerzas por nivel (Fni): están dadas por la fórmula:

$$Vx = \frac{w_x \cdot h_x^K}{\sum w_i \cdot h_i^K} \cdot V$$

Vx = corte basal en cada nivel

K = coeficiente de mayorado, para $Ta < 0,5s$ utilizar $k = 1$

W = peso propio de la estructura + 25 % de las cargas vivas (kg)

W_i = peso propio de la estructura + 25 % de las cargas vivas por nivel (kg)

h_i = altura medida desde la cimentación al nivel considerado (m)

Se calcula primero con respecto al eje x y después al eje y,

Datos:

$$W_{2\text{nivel}} = 358\,308 \text{ kg}$$

$$W_{1\text{nivel}} = 482\,916 \text{ kg}$$

$$W_{Total} = 841\,224 \text{ kg}$$

$$V = 126\,183,6 \text{ kg}$$

Se utilizará un $k = 1$ debido a que $Ta < 0,5s$, del análisis por AGIES anteriormente realizado.

$$F_{n\text{nivel}2} = ((358\,308) \cdot (7,5)) / ((358\,308 \cdot 7,5 + 482\,916 \cdot 4,5)) \cdot 126\,183,6 = 69\,766,3 \text{ kg}$$

$$F_{n\text{nivel}2} = 69\,766,3 \text{ kg} = 69,77 \text{ Ton}$$

$$F_{n_{nivel1}} = ((482\,916) \times (4,5)) / ((358\,308 \times 7,5 + 482\,916 \times 4,5)) \times 126\,183,6 = 56\,417,3 \text{ kg}$$

$$F_{n_{nivel1}} = 56\,417,3 \text{ kg} = 56,42 \text{ Ton}$$

Como la estructura es de forma simétrica, es decir, tanto en eje y como eje x tienen la misma altura, se aplicarán las mismas fuerzas sobre cada nivel.

2.1.10. Análisis de fuerzas por marco

La estructura se calculó dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, si los marcos espaciados están simétricamente colocados. Si son asimétricos, se tendrá que dividir la fuerza de piso F_i proporcional a la rigidez de los marcos.

- Fuerzas por marcos Y– Y

Como se observa en la figura 11, el edificio es simétrico en Y, por lo que la fuerza por marco será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido X.

Segundo nivel:

$$\frac{F \text{ del nivel}}{\# \text{ de marcos}}$$

$$F_{m_2} = (69\,766,3) / 7 = 9\,966,61 \text{ kg}$$

$$F_{m_2} = 9\,966,61 \text{ kg} = 9,97 \text{ Ton}$$

Primer nivel:

$$Fm_1 = (56\,417,3)/7 = 8\,059,61 \text{ kg}$$

$$Fm_1 = 8\,059,61 \text{ kg} = 8,06 \text{ Ton}$$

- Fuerzas por marcos X – X

Como se observa en la figura 12, el edificio es simétrico en X, por lo que la fuerza por marco será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido Y.

Segundo nivel:

$$Fm_2 = (69\,766,3)/6 = 11\,627,72 \text{ kg}$$

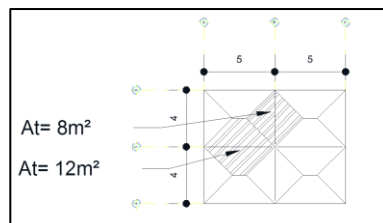
$$Fm_2 = 11\,627,72 \text{ kg} = 11,63 \text{ Ton}$$

Primer nivel:

$$Fm_1 = (56\,417,3)/6 = 9\,402,88 \text{ kg}$$

$$Fm_1 = 9\,402,88 \text{ kg} = 9,40 \text{ Ton}$$

Figura 11. **Área tributaria para vigas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

Integración de fuerzas verticales:

Peso del concreto = 2 400 kg/m³

Acabados = 60 kg/m²

Peso del piso = 40 kg/m²

Peso de muro = 180 kg/m²

Peso propio de la viga = 0,35*0,25*2 400 = 210 k/m

Carga viva losa = 450 y 200 kg/m²

- Sentido X
 - Marco típico nivel 2:

Carga muerta

$$CM_{X-X} = \frac{(\text{peso de:Losas+acabados+viga})}{\text{Longitud de la viga}}$$

$$CM_{F-I} = ((2\ 400*0,10+60)(12)+(2400*0,30*0,50*5))/5 = 1\ 080\ \text{kg/m}$$

Carga viva

$$CV_{X-X} = \frac{(\text{Carga viva de techo*At})}{\text{Longitud de la viga}}$$

$$CV_{F-I} = ((200*12)/5) = 480\ \text{kg/m}$$

- Marco típico nivel 1:

Carga muerta

$$CM_{X-X} = \frac{(\text{peso de:Losas+acabados+viga+muro+piso})}{\text{Longitud de la viga}}$$

$$CM_{E-H} = ((2\ 400*0,10+60+90+(180*3))x(12)+(2400*0,30*0,50*5))/5 = 2\ 592$$

kg/m

Carga viva

$$CV_{X-X} = \frac{(Carga\ viva\ de\ entre\ piso*At)}{Longitud\ de\ la\ viga}$$

$$CV_{E-H} = ((450*12)/5) = 1080\ Kg/m$$

Tabla IX. **Integración de cargas I**

	Carga muerta	Carga viva
Nivel 2	1 080 kg/m	480 kg/m
Nivel 1	2 592 kg/m	1 080 kg/m

Fuente: elaboración propia.

- Sentido Y
 - Marco típico nivel 2

Carga muerta

$$CM_{Y-Y} = \frac{(peso\ de:\ Losa+acabados+viga)}{Longitud\ de\ la\ viga}$$

$$CM_{F-I} = ((2\ 400*0,10+60)(8) + (2\ 400*0,30*0,50*4))/4 = 960\ kg/m$$

Carga viva

$$CV_{Y-Y} = \frac{(Carga\ viva\ de\ techo*At)}{Longitud\ de\ la\ viga}$$

$$CV_{F-I} = ((200*8)/4) = 400\ kg/m$$

- Marco típico nivel 1

Carga muerta

$$CM_{Y-Y} = \frac{(\text{peso de: Losa} + \text{acabados} + \text{viga} + \text{muro} + \text{piso})}{\text{Longitud de la viga}}$$

$$CM_{E-H} = ((2\ 400 * 0,10 + 60 + 90 + (180 * 3)) * 8) + (2\ 400 * 0,30 * 0,50 * 4) / 4 = 2\ 220 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$CV_{Y-Y} = \frac{(\text{Carga viva de entre piso} * At)}{\text{Longitud de la viga}}$$

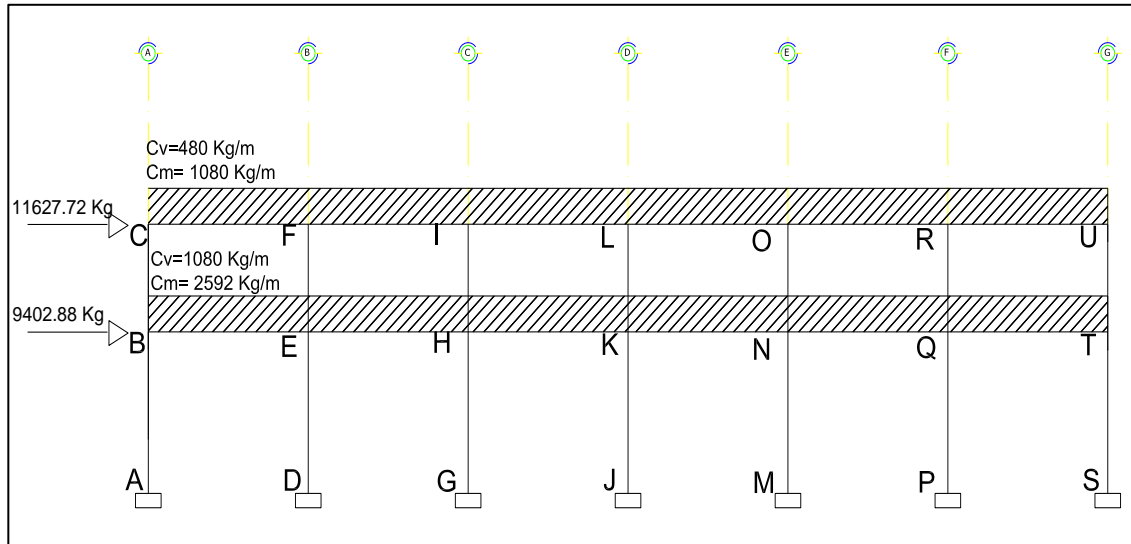
$$CV_{E-H} = ((450 * 8) / 4) = 900 \text{ kg/m}$$

Tabla X. Integración de cargas II

	Carga muerta	Carga viva
Nivel 2	960 kg/m	400 kg/m
Nivel 1	2 220 kg/m	900 kg/m

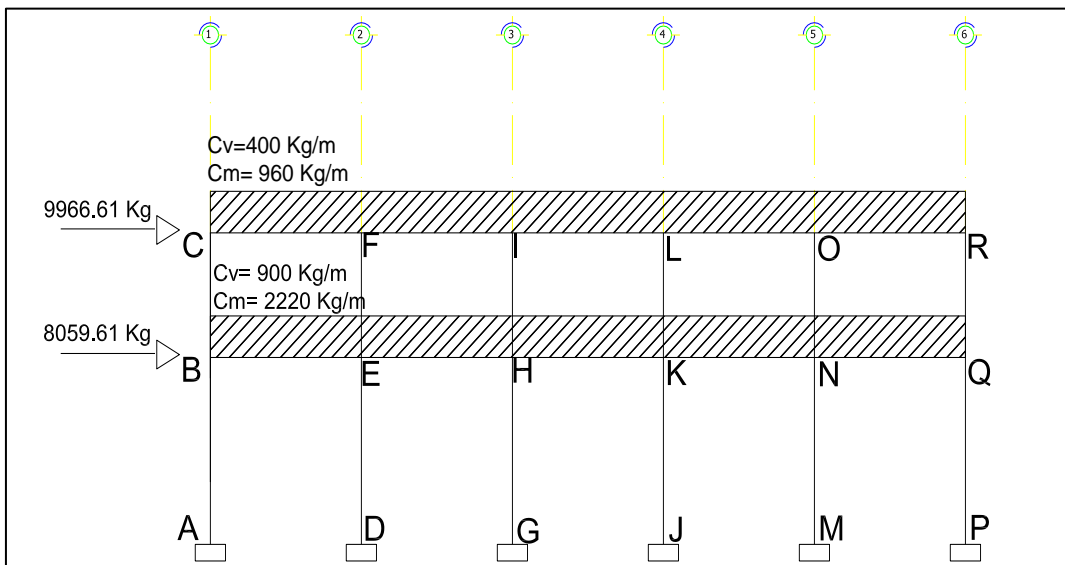
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Cargas actuantes en el marco típico en el eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

Figura 13. Cargas actuantes en el marco típico en el eje x



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

2.1.11. Análisis de marcos por medio de un método de análisis estructural

Luego de la integración total de cargas, se procedió al análisis estructural, para la determinación de las fuerzas y deformaciones que se presentan en la estructura, a través del método de Kani.

2.1.11.1. Método de Kani

El método de Kani se aplicó únicamente para los miembros de sección constante, además, no incluye los casos cuando existen columnas de diferente altura en un mismo piso, o cuando hay articulaciones en los apoyos de las columnas.

- Cálculo de momentos fijos (MFik): estos se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción (MS): estos se calculan cuando hay cargas horizontales.

$$MS = \Sigma MFik$$

- Determinación de fuerzas de sujeción (H): estas se calculan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido. $H = FM$ nivel n (fuerza por marco del nivel n , tomada del análisis sísmico)
- Cálculo de la fuerza cortante en el piso (Q_n): se calcula cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$Q_n = \sum H$$

- Cálculo de momentos de piso (M_n): estos se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$M_n = (Q_n \cdot h_n) / 3 \quad h_n = \text{altura del piso } n$$

- Cálculo de rigideces de los elementos (K_{ik})

$$K_{ik} = I / L_{ik} \quad \begin{array}{l} I \text{ inercia del elemento} \\ L \text{ longitud del elemento} \end{array}$$

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

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

- Cálculo de factores de corrimiento (v_{ik}): estos se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura o cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$v = -3/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$$

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

$$\begin{array}{ll} M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum M'_{ni}) & \text{sin ladeo} \\ M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum (M'_{ni} + M''_{in})) & \text{con ladeo} \end{array}$$

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

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

$$M''_{ik} = v_{ik} (M_n + \Sigma (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{ladeo por fuerza horizontal}$$

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

$$M_{ik} = M_{Fik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \quad \text{sin ladeo}$$

$$M_{ik} = M_{Fik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \quad \text{con ladeo}$$

- Cálculo de momentos positivos en vigas

$$M_+ = W L^2 / 8 - (M_1 + M_2) / 2$$

2.1.12. Desarrollo del método de Kani-carga muerta marco típico eje Y

- Cálculo de momentos fijos (M_{Fik}) $M_F = \pm WL^2 / 12$

$$M_{B-E} = M_{E-H} = (2 \cdot 325 \cdot 4^2) / 12 = 3 \cdot 100 \text{ kg/m}$$

$$M_{H-E} = M_{E-B} = (2 \cdot 325 \cdot 4^2) / 12 = -3 \cdot 100 \text{ kg/m}$$

$$M_{C-F} = M_{F-I} = (750 \cdot 4^2) / 12 = 1 \cdot 000 \text{ kg/m}$$

$$M_{I-F} = M_{F-C} = (750 \cdot 4^2) / 12 = -1 \cdot 000 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de rigidez de los elementos $K_{ik} = I / L_{ik}$

Inercia de los elementos rectangulares $I = bh^3 / 12$

$$I_{Viga} = (30 \cdot 50^3) / 12 = 312 \cdot 500 \text{ cm}^4$$

$$I_{Columna} = (30 \cdot 30^3) / 12 = 67 \cdot 500 \text{ cm}^4 = I$$

Inercias relativas: $I_{columnas} = I$

$$I_{Viga} = I_{Viga} / I_{Columna} = 312\,500 / 67\,500 = 4,6296 I$$

Columnas:

Nivel 1 =

$$KAB = KBA = KDE = KED = KGH = KHG = KJK = KJL = KMN = KNM = KPQ = KQP = KST = KTS$$

$$S = 1/4,5 = 0,22$$

Nivel 2 =

$$KBC = KCB = KEF = KFE = KHI = KIH = KKL = KLL = KNO = KON = KRQ = KRQ$$

$$R = KUT = KTV = 1/3 = 0,3333$$

Vigas:

Vigas de los dos niveles =

$$KBE = KEB = KEH = KHE = KHK = KKH = KKN = KKN = KNQ = KQN = KQT = KQT = KCF = KCF$$

$$FC = KFI = KIF = KLI = KIL = KLO =$$

$$KOL = KOR = KRO = KRU = KUR = 4,6296 / 4 = 1,1574$$

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

Nudo A:

$$\mu_{AB} = -1/2 (KAB / (K_A\text{-SUELO} + KAB)) = -1/2 (0,22 / (\infty + 0,22)) = 0$$

Nudo B:

$$\mu_{BA} = -1/2 (KBA / (KBA + KBE + KBC))$$

$$\mu_{BA} = -1/2(0,22/(0,22+0,333+0,9259)) = -0,07438$$

$$\mu_{BE} = -1/2(K_{BE}/(K_{BA}+K_{BC}+K_{BE}))$$

$$\mu_{BE} = -1/2(0,9259/(0,22+0,333+0,9259)) = -0,3130$$

$$\mu_{BC} = -1/2(K_{BC}/(K_{BA}+K_{BC}+K_{BE}))$$

$$\mu_{BC} = -1/2(0,333/(0,22+0,333+0,9259)) = -0,1126$$

Nudo C:

$$\mu_{CB} = -1/2 (K_{CB} / (K_{CB} + K_{CF}))$$

$$\mu_{CB} = -1/2(0,333/(0,333+0,9259)) = -0,1323$$

$$\mu_{CF} = -1/2 (K_{CF} / (K_{CB} + K_{CF}))$$

$$\mu_{CF} = -1/2(0,9259/(0,333+0,9259)) = -0,3677$$

$$\text{Nudo D: } \mu_{DE} = -1/2 (K_{DE} / (K_{D-SUELO} + K_{DE})) = -1/2(0,2/(\infty + 0,2)) = 0$$

Nudo E:

$$\mu_{ED} = -1/2(K_{ED}/(K_{ED}+K_{EB}+K_{EF}+K_{EH}))$$

$$\mu_{ED} = -1/2(0,22/(0,22+0,9259+0,333+0,9259)) = -0,04574$$

$$\mu_{EB} = -1/2(K_{EB}/(K_{ED}+K_{EB}+K_{EF}+K_{EH}))$$

$$\mu_{EB} = -1/2(0,9259/(0,333+0,22+0,9259+0,9259)) = -0,1925$$

$$\mu_{EF} = -1/2(K_{EF}/(K_{ED}+K_{EB}+K_{EF}+K_{EH}))$$

$$\mu_{EF} = -1/2(0,333/(0,333+0,22+0,9259+0,9259)) = -0,06924$$

$$\mu_{EH} = -1/2(K_{EH}/(K_{ED}+K_{EB}+K_{EF}+K_{EH}))$$

$$\mu_{EH} = -1/2(0,9259/(0,333+0,22+0,9259+0,9259)) = -0,1925$$

Nudo F

$$\mu_{FE} = -1/2 (K_{FE} / (K_{FE} + K_{FG} + K_{FB}))$$

$$\mu_{FE} = -1/2(0,333/(0,9259+0,333+0,9259)) = -0,0762$$

$$\mu_{FI} = -1/2 (KFB / (KFE +KFG+KFB))$$

$$\mu_{FI} = -1/2(0,9259/(0,9259+0,333+0,9259)) = -0,2119$$

$$\mu_{FC} = -1/2 (KFC / (KFE +KFC+KFB))$$

$$\mu_{FC} = -1/2(0,9259/(0,9259+0,33+0,9259)) = -0,2119$$

Nudo G:

$$\mu_{GH} = -1/2 (KGH / (KE-SUELO +KGH)) = -1/2(0,2/(\infty + 0,2)) = 0$$

Nudo H:

$$\mu_{HG} = -1/2(KHG/(KHG+KHE+KHI+KHK))$$

$$\mu_{HG} = -1/2(0,22/(0,22+0,9259+0,333+0,9259)) = -0,04574$$

$$\mu_{HE} = -1/2(KHE/(KHI+KHG+KGE+KHE))$$

$$\mu_{HE} = -1/2(0,9259/(0,333+0,22+0,9259+0,9259)) = -0,1925$$

$$\mu_{HI} = -1/2(KHI/(KHI+KHG+KHE+KHK))$$

$$\mu_{HI} = -1/2(0,333/(0,333+0,22+0,9259+0,9259)) = -0,06924$$

$$\mu_{HK} = -1/2(KHK/(KHI+KHG+KHE+KHK))$$

$$\mu_{HK} = -1/2(0,9259/(0,333+0,22+0,9259+0,9259)) = -0,1925$$

Nudo I:

$$\mu_{IH} = -1/2 (KIH / (KID +KIH+KIF))$$

$$\mu_{IH} = -1/2(0,333/(0,9259+0,333+0,9259)) = -0,0762$$

$$\mu_{IF} = -1/2 (KIF / (KIF +KIH+KID))$$

$$\mu_{IF} = -1/2(0,9259/(0,9259+0,333+0,9259)) = -0,2119$$

$$\mu_{ID} = -1/2 (KID / (KIF +KIH+KID))$$

$$\mu_{ID} = -1/2(0,9259/(0,9259+0,33+0,9259)) = -0,2119$$

Se realizó el mismo procedimiento para los nudos J, K, L, M, N, O, P, Q, R.

Cálculo de factores de corrimiento $v_{ik} = -3/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$

Nivel 1:

$$V_{AB} = V_{DE} = V_{GH} = -3/2(0,22/(0,22+0,22+0,22,+0,22\dots))=-0,25$$

Nivel 2:

$$V_{BC} = V_{EF} = V_{HI} = -3/2(0,33/(0,33+0,33)+0,33)=-0,25$$

Momento de piso

Segundo nivel

$$M = (11,63 \cdot 3) / 3 = 11,63 \text{ Ton}$$

Primer nivel

$$M = ((9,64 + 11,63) \cdot 4,5) / 3 = 31,55 \text{ Ton}$$

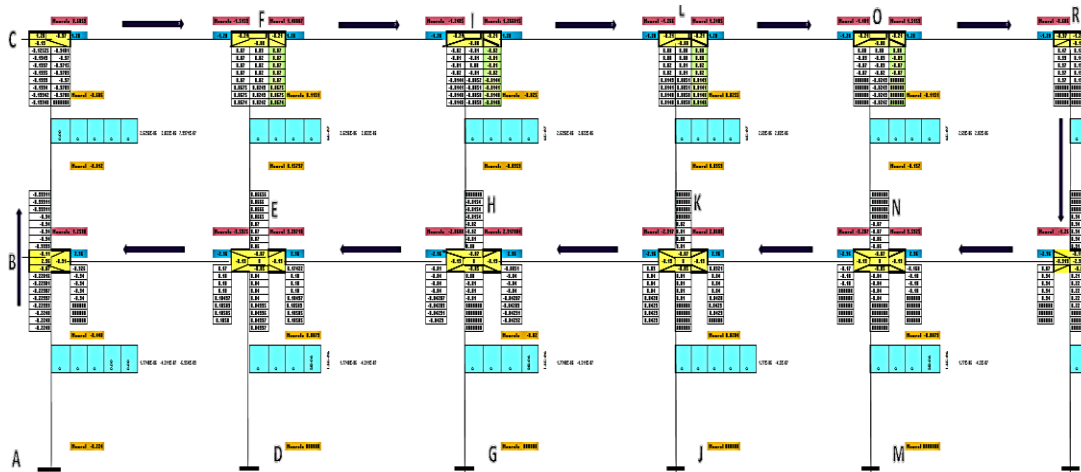
Tabla XI. **Resultados de Kani con carga muerta**

2DO NIVEL Ton*m												
VIGAS	CF	FC	FI	IF	IL	LI	LO	OL	OR	RO		
	0,6059	-1,5159	1,4009	-1,2405	1,2660	-1,2660	1,2405	-1,4009	1,5159	-0,6059		
COLUMNAS	CB	BC	FE	EF	IH	HI	LK	KL	ON	NO	RQ	QR
	-0,6059	-0,8116	0,1151	0,1574	-0,0255	-0,0359	0,0255	0,0359	-0,1151	-0,1574	0,6059	0,8116
1ER NIVEL Ton*m												
VIGAS	BE	EB	EH	HE	HK	KH	KN	NK	NQ	QN		
	1,2598	-3,5325	3,2872	-2,8608	2,9171	-2,9171	2,8608	-3,2872	3,5325	-1,2598		
COLUMNAS	BA	AB	ED	DE	HG	GH	KJ	JK	NM	MN	QP	PQ
	-0,4480	-0,2240	0,0879	0,0440	-0,0204	-0,0102	0,0204	0,0102	-0,0879	-0,0440	0,4480	0,2240

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Análisis de Kani, a través de hoja de cálculo

Marco típico eje Y-Y



Fuente: elaboración propia, con programa ETABS.

Cálculo de momento positivo en vigas generado por carga muerta, se realiza con la fórmula siguiente:

$$M_+ = W L^2 / 8 - (M_1 + M_2) / 2$$

Segundo nivel

$$M_+ = ((960,00 * 4,00^2) / 8) - ((1\ 266,0 + 1\ 266,0) / 2)$$

$$M_+ = 654,00 \text{ kg-m}$$

Primer nivel

$$M_+ = ((2\ 220,00 * 4,00^2) / 8) - ((2\ 917,1 + 2\ 917,1) / 2)$$

$$M_+ = 1\ 522,9 \text{ kg-m}$$

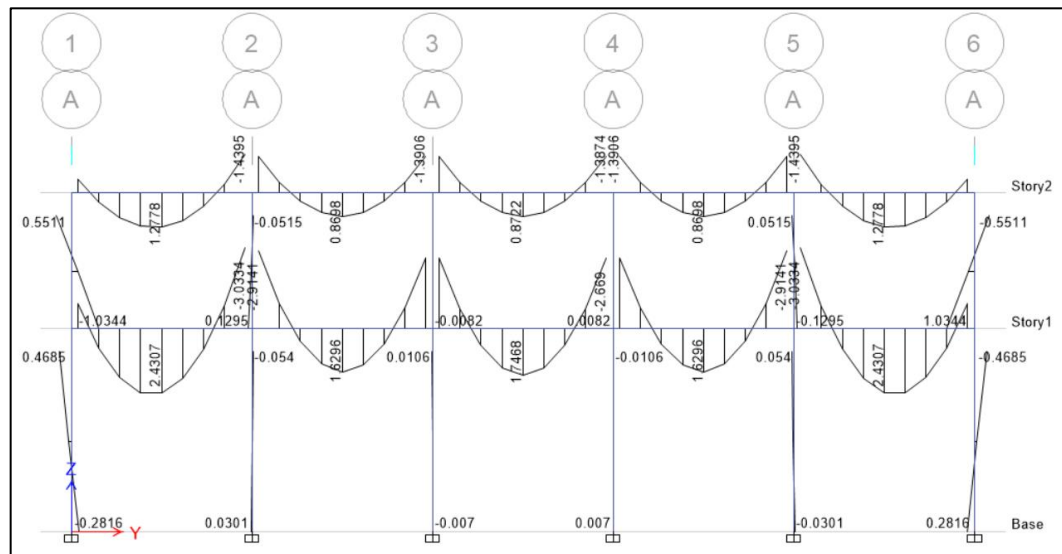
2.1.13. Análisis de marcos a través de software ETABS

Los datos obtenidos por el programa ETABS 2013 muestran los diagramas de fuerzas y momentos actuantes sobre la estructura y proporciona los datos necesarios para el diseño del edificio del asilo municipal.

2.1.13.1. Diagrama de momentos por carga muerta, viva y sísmica

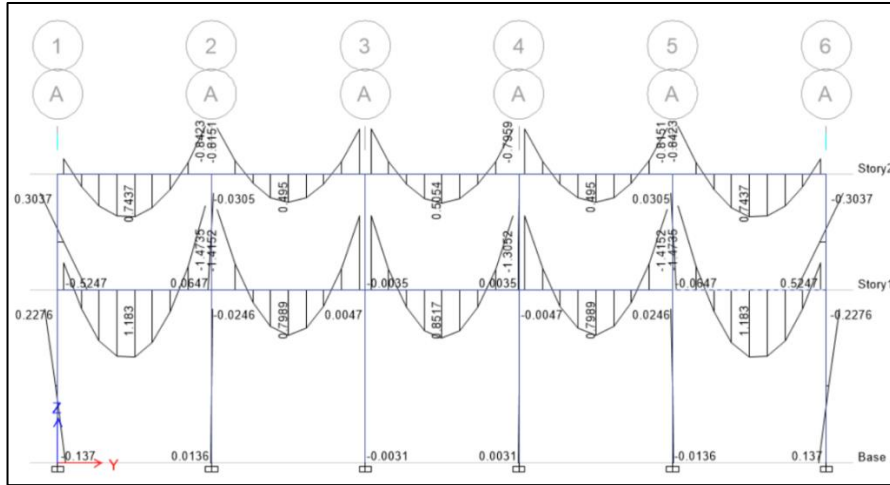
En las figuras 15 a 20 se muestran momentos producidos por las cargas muerta, viva y sísmica.

Figura 15. Momentos producidos por carga muerta (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido Y



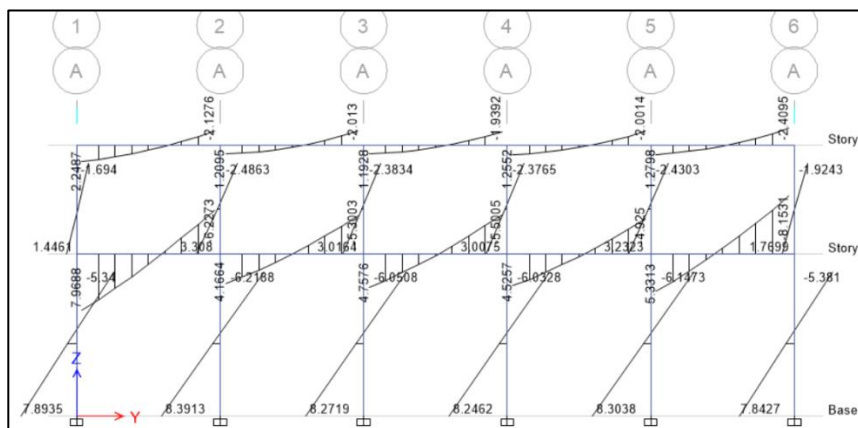
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 16. **Momentos producidos por carga viva (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido Y**



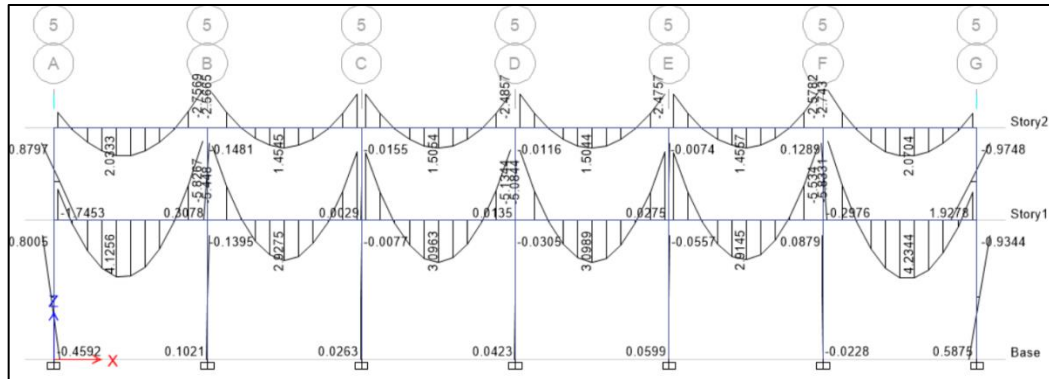
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 17. **Momentos producidos por carga sísmica (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido Y**



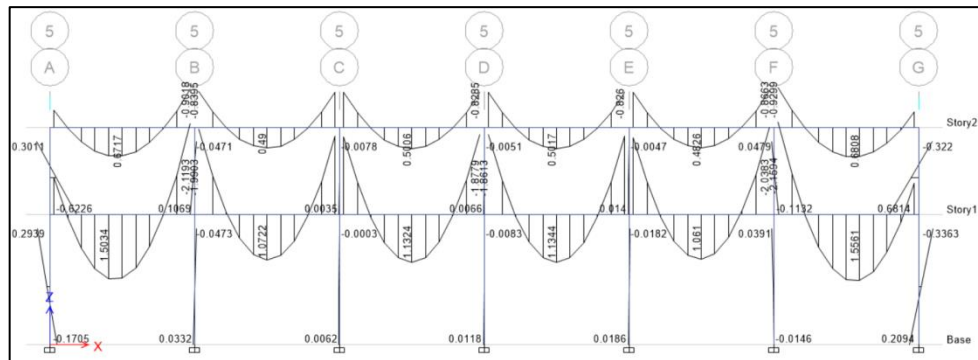
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 18. **Momentos producidos por carga muerta (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido X**



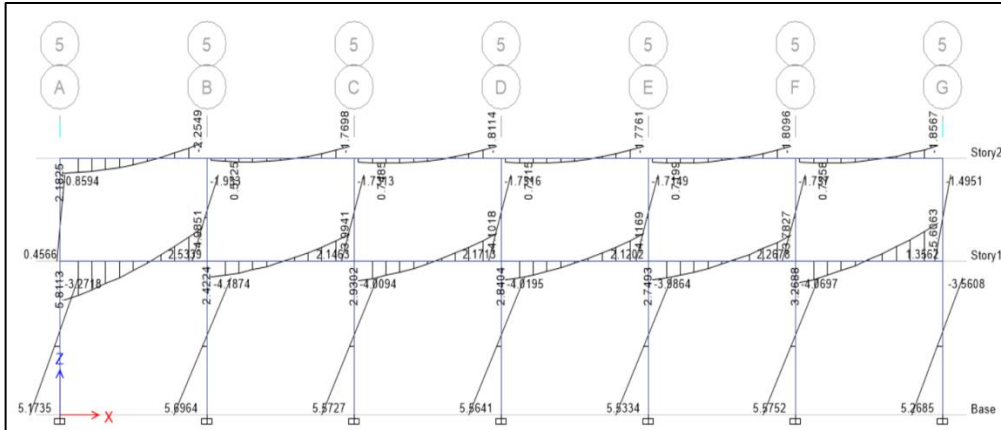
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 19. **Momentos producidos por carga viva (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido X**



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 20. Momentos producidos por carga sísmica (kilogramo-centímetro) en vigas y columnas, sentido X



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

2.1.14. Envoltete de momentos

Es la representación de los esfuerzos máximos que pueden ocurrir al superponer los efectos de carga muerta, carga viva y fuerza sísmica, tanto en vigas como en columnas. Para considerar la superposición de efectos, el código ACI propone las siguientes combinaciones: 1,4CM+1,7CV; 0,75 (1,4CM+ 1,7 CV±1,87S); 0,9CM±1,43S

Tabla XII. Resultados envoltete de momentos, eje x

2DO NIVEL Ton*m															
VIGAS	CF	FC	M+	FI	IF	M+	IL	LI	M+	LO	OL	M+	OR	RO	M+
1,4 CM+1,7 CV	1,27	-3,20	1,81	2,96	-2,62	1,26	2,67	-2,67	1,38	2,62	-2,96	1,26	3,20	-1,27	1,81
0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S)	4,49	0,44	1,36	4,47	0,40	0,95	4,46	0,46	1,03	4,32	0,04	0,95	5,24	2,58	1,36
0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S)	-2,58	-5,24	1,36	-0,04	-4,32	0,95	-0,46	-4,46	1,03	-0,40	-4,47	0,95	-0,44	-4,49	1,36
0,9CM+1,43S	4,15	1,53	0,77	3,56	1,29	0,54	3,65	1,37	0,59	3,52	1,04	0,54	4,26	3,06	0,77
0,9CM-1,43S	-3,06	-4,26	0,77	-1,04	-3,52	0,54	-1,37	-3,65	0,59	-1,29	-3,56	0,54	-1,53	-4,15	0,77

Continuación de la tabla XII.

COLUMNAS	CB	BC	FE	EF	IH	HI	LK	KL	ON	NO	RQ	QR			
1,4 CM+1,7 CV	-1,27	-1,70	0,24	0,33	-0,05	-0,08	0,05	0,08	-0,24	-0,33	1,27	1,70			
0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S)	-4,49	-3,51	-4,91	-4,37	-4,86	-4,23	-4,78	-4,11	-5,28	-4,86	-2,58	-0,97			
0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S)	2,58	0,96	5,28	4,86	4,78	4,11	4,86	4,23	4,91	4,37	4,49	3,51			
0,9CM+1,43S	-4,15	-3,01	-5,09	-4,56	-4,93	-4,29	-4,89	-4,22	-5,30	-4,84	-3,06	-1,55			
0,9CM-1,43S	3,06	1,55	5,30	4,84	4,89	4,22	4,93	4,29	5,09	4,56	4,15	3,01			
1ER NIVEL Ton*m															
VIGAS	BE	EB	M+	EH	HE	M+	HK	KH	M+	KN	NK	M+	NQ	QN	M+
1,4 CM+1,7 CV	2,63	-7,38	4,27	6,87	-5,98	2,85	6,09	-6,09	3,18	5,98	-6,87	2,85	7,38	-2,63	4,27
0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S)	14,05	3,58	3,20	11,88	2,81	2,14	12,42	3,28	2,39	11,77	1,58	2,14	14,65	10,10	3,20
0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S)	-10,10	-14,65	3,20	-1,58	-11,77	2,14	-3,28	-12,42	2,39	-2,81	-11,88	2,14	-3,58	-14,05	3,20
0,9CM+1,43S	13,44	6,12	1,84	9,82	4,86	1,23	10,63	5,38	1,37	10,01	3,90	1,23	12,48	11,17	1,84
0,9CM-1,43S	-11,17	-12,48	1,84	-3,90	-10,01	1,23	-5,38	-10,63	1,37	-4,86	-9,82	1,23	-6,12	-13,44	1,84
COLUMNAS	BA	AB	ED	DE	HG	GH	KJ	JK	NM	MN	QP	PQ			
1,4 CM+1,7 CV	-0,94	-0,47	0,18	0,09	-0,04	-0,02	0,04	0,02	-0,18	-0,09	0,94	0,47			
0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S)	-10,53	-11,37	-11,10	-11,66	-11,00	-11,61	-10,94	-11,57	-11,37	-11,79	-9,13	-10,67			
0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S)	9,13	10,67	11,37	11,79	10,94	11,57	11,00	11,61	11,10	11,66	10,53	11,37			
0,9CM+1,43S	-10,43	-11,44	-11,38	-11,91	-11,20	-11,83	-11,17	-11,81	-11,53	-11,99	-9,62	-11,04			
0,9CM-1,43S	9,62	11,04	11,54	11,99	11,17	11,81	11,20	11,83	11,38	11,91	10,43	11,44			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Resultados envolvente de momentos, eje y

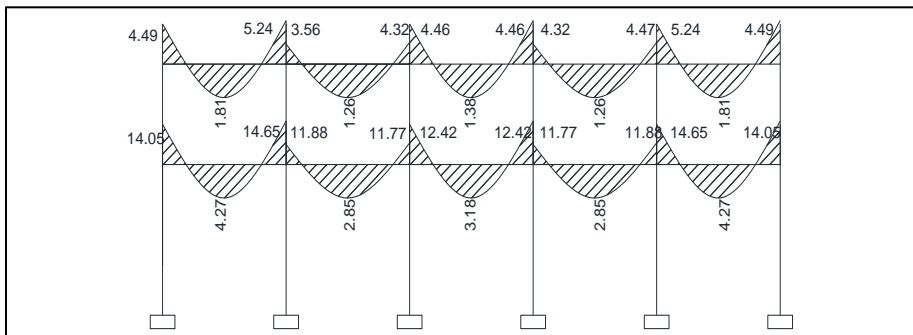
2DO NIVEL Ton*m																		
VIGAS	CF	FC	M+	FI	IF	M+	IL	LI	M+	LO	OL	M+	OR	RO	M+	RT	TR	M+
1,4 CM+1,7 CV	-2,29	-5,39	3,44	-5,02	-4,88	2,32	-4,84	-4,89	2,41	-4,86	-4,87	2,41	-4,85	-5,05	2,32	-5,38	-2,16	3,44
0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S)	1,35	-7,20	2,58	-6,25	-2,83	1,74	-2,86	-6,15	1,81	-6,18	-2,85	1,81	-3,64	-3,79	1,74	-4,04	-1,62	2,63
0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S)	-4,78	-0,88	2,58	-4,27	-1,18	1,74	-4,46	-1,12	1,81	-4,41	-1,16	1,81	-4,42	-1,25	1,74	-4,85	0,98	2,63
0,9CM+1,43S	2,10	-5,71	1,29	-1,79	-4,76	0,77	-1,37	-4,83	0,81	-1,44	-4,77	0,81	-1,42	-4,91	0,77	-1,65	-3,63	1,32
0,9CM-1,43S	-4,14	0,74	1,29	-2,83	0,30	0,77	-3,06	0,35	0,81	-3,01	0,31	0,81	-3,01	0,27	0,77	-3,29	1,68	1,32
COLUMNAS	CB	BC	FE	EF	IH	HI	LK	KL	ON	NO	RQ	QR	UT	TU				
1,4 CM+1,7 CV	1,75	-3,51	-0,28	0,61	-0,03	0,00	-0,02	0,02	-0,01	0,05	0,25	-0,60	-1,93	3,88				
0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S)	0,10	-1,99	-2,92	4,01	-2,45	3,01	-2,44	3,06	-2,41	3,01	-2,24	2,73	-3,54	4,81				
0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S)	2,51	-3,27	2,50	-3,10	2,40	-3,01	2,41	-3,03	2,40	-2,93	2,63	-3,63	0,65	1,01				
0,9CM+1,43S	-0,44	-0,92	-2,90	3,90	-2,49	3,07	-2,49	3,12	-2,46	3,06	-2,37	2,98	-3,02	3,67				
0,9CM-1,43S	2,02	-2,22	2,63	-3,35	2,46	-3,07	2,47	-3,09	2,45	-3,01	2,60	-3,51	1,26	-0,20				
1ER NIVEL Ton*m																		
VIGAS	BE	EB	M+	EH	HE	M+	HK	KH	M+	KN	NK	M+	NQ	QN	M+	UN	UN	M+
1,4 CM+1,7 CV	-4,65	-11,76	8,87	-11,01	-10,11	6,52	-10,07	-10,38	6,85	-10,29	-10,15	6,86	-9,99	-11,19	6,48	-11,81	-4,22	9,07
0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S)	4,66	-15,81	6,66	-13,86	-3,47	4,89	-3,57	-13,56	5,14	-13,02	-3,03	5,15	-7,50	-8,39	4,86	-8,85	-3,16	6,80
0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S)	-11,64	-1,83	6,66	-11,66	-1,98	4,89	-11,66	-2,03	5,14	-11,70	-1,84	5,15	-11,35	-3,09	4,86	-13,44	4,70	6,80
0,9CM+1,43S	6,26	-12,37	3,64	-1,44	-10,21	2,59	-0,29	-10,49	2,74	-0,51	-10,41	2,74	-0,52	-10,39	2,58	-0,58	-9,90	3,72
0,9CM-1,43S	-10,37	1,88	3,64	-8,37	1,21	2,59	-8,67	1,24	2,74	-8,64	1,37	2,74	-8,38	0,43	2,58	-9,92	6,13	3,72
COLUMNAS	BA	AB	ED	DE	HG	GH	KJ	JK	NM	MN	QP	PQ	TS	ST				
1,4 CM+1,7 CV	1,62	-0,93	-0,27	0,20	-0,01	0,05	-0,06	0,08	-0,11	0,11	0,19	-0,06	-1,89	1,18				
0,75(1,4CM+1,7CV+1,87S)	-3,37	6,56	-6,08	8,14	-5,63	7,85	-5,68	7,86	-5,67	7,85	-5,57	7,78	-6,41	8,28				
0,75(1,4CM+1,7CV-1,87S)	5,80	-7,96	5,67	-7,84	5,62	-7,78	5,60	-7,75	5,51	-7,68	5,85	-7,86	3,58	-6,50				
0,9CM+1,43S	-3,96	6,98	-6,11	8,24	-5,74	7,99	-5,78	7,99	-5,75	7,97	-5,74	7,95	-5,93	8,06				
0,9CM-1,43S	5,40	-7,81	5,86	-8,05	5,73	-7,95	5,72	-7,92	5,65	-7,86	5,90	-7,99	4,25	-7,01				

Fuente: elaboración propia.

- Comparación de ETABS con método Kani

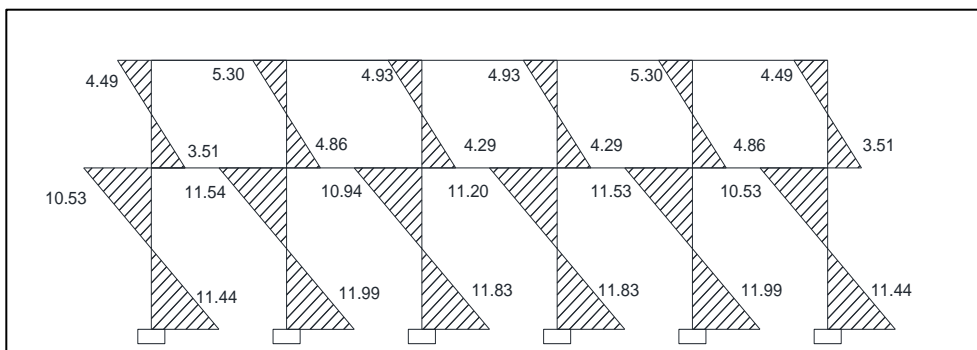
Al realizar la comparativa entre los momentos obtenidos por el análisis de Kani y con el programa de ETABS se observa una variación de 5 a 10 % entre los momentos de vigas y columnas.

Figura 21. **Diagrama de momentos últimos (kilogramo-centímetro), eje x en vigas**



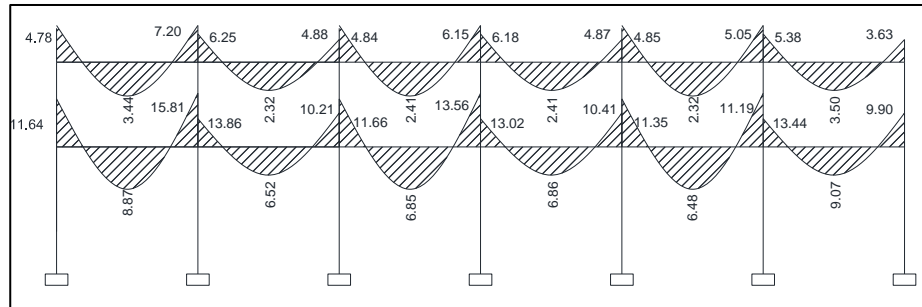
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 22. **Diagrama de momentos últimos (kilogramo-centímetro), eje x en columnas**



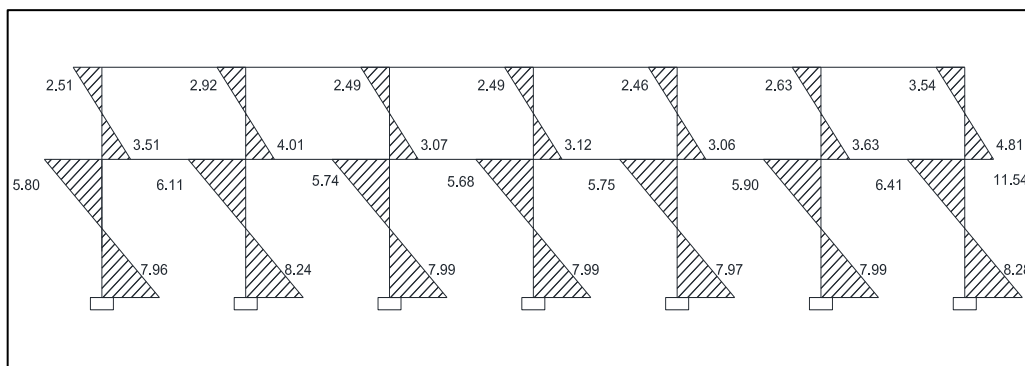
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 23. **Diagrama de momentos últimos (kilogramo-centímetro), eje y en vigas**



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 24. **Diagrama de momentos últimos (kilogramo-centímetro), eje y en columnas**

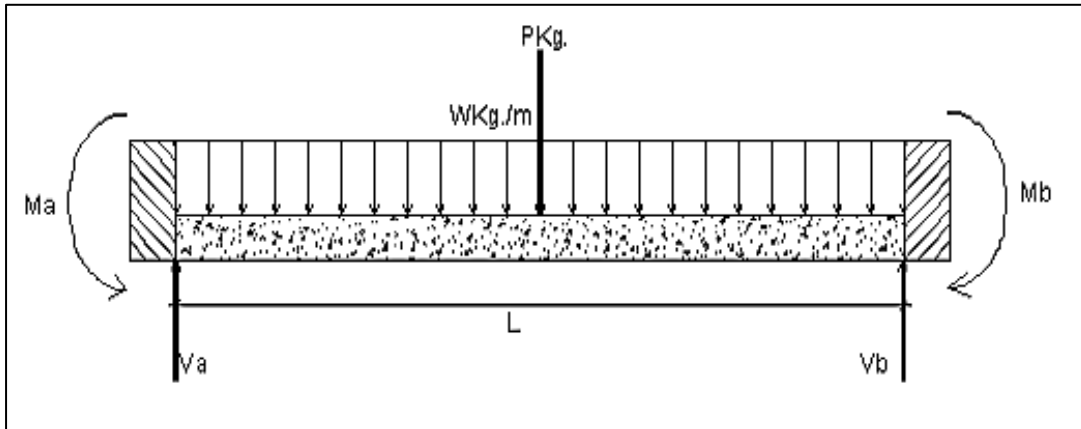


Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

2.1.15. Diagrama de corte en marcos dúctiles

Para calcular los esfuerzos cortantes se utilizan las fórmulas indicadas en este inciso, cada una deberá calcularse por los resultados de carga muerta y carga viva.

Figura 25. Cargas actuantes en vigas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

Para el cálculo de corte último en vigas se utilizó la fórmula:

$$V_{vig} = 0,75 * ((1,4 * W_m L / 2) + (0,7 W_v L / 2) + 1,87 (M_{sA} + M_{sB}))$$

Donde

W_m = carga muerta

W_v = carga viva

M_{sA} = momento generado por carga sísmica en A

M_{sB} = momento generado por carga sísmica en B

L = longitud de la viga

Tabla XIV. Resultados de vigas corte último, eje y

NIVEL	Viga	Carga distribuida		Momento sismo		L (m)	V (corte) kg
		Viva	Muerta	Momento izq Ton-m	Momento der Ton-m		
Nivel 2	CF	480	1 080	2,183	-2,255	5	7814,23
	FI			0,362	-1,770	5	6197,35
	IL			0,592	-1,811	5	6388,09
	LO			0,550	-1,776	5	6333,47
	OR			0,556	-1,810	5	6361,45
	RT			0,575	-1,857	5	6407,87
Nivel 1	BE	1 080	2 592	5,811	-4,985	5	18667,98
	EH			2,422	-3,994	5	15596,57
	HK			2,930	-4,102	5	16028,19
	KN			2,840	-4,117	5	15975,81
	NQ			2,749	-3,783	5	15677,57
	UN			3,269	-5,606	5	17320,66

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Resultados de vigas corte último, eje x

NIVEL	Viga	Carga distribuida		Momento sismo		L (m)	V (corte) Kg
		Viva	Muerta	Momento izq Ton-m	Momento der Ton-m		
Nivel 2	CF	480	1 080	2,519	2,026	4	6949,10
	FI			1,606	1,680	4	6066,86
	IL			1,754	1,755	4	6222,56
	LO			1,680	1,606	4	6066,76
	OR			2,026	2,519	4	6949,24
Nivel 1	BE	1 080	2 592	8,607	6,502	4	19472,54
	EH			4,797	5,197	4	15886,09
	HK			5,597	5,597	4	16727,87
	KN			5,197	4,797	4	15886,21
	NQ			6,502	8,606	4	19472,36

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de corte último en columnas se utilizó la fórmula:

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

Tabla XVI. **Resultados de columnas corte último, eje x**

NIVEL	Viga	Momento sismo		L (m)	V (corte) Kg
		Momento izq Ton-m	Momento der Ton-m		
Nivel 2	BC	4,49	3,51	3	2666,79
	EF	5,30	4,86	3	3385,46
	HI	4,93	4,29	3	3073,28
	KL	4,93	4,29	3	3073,32
	NO	5,30	4,86	3	3385,42
	QR	4,49	3,51	3	2666,83
Nivel 1	AB	1,53	11,44	4,50	4883,05
	DE	11,54	11,99	4,50	5228,55
	GH	10,94	11,83	4,50	5058,62
	JK	11,20	11,83	4,50	5117,65
	NM	11,53	11,99	4,50	5228,47
	QP	10,53	11,44	4,50	4883,16

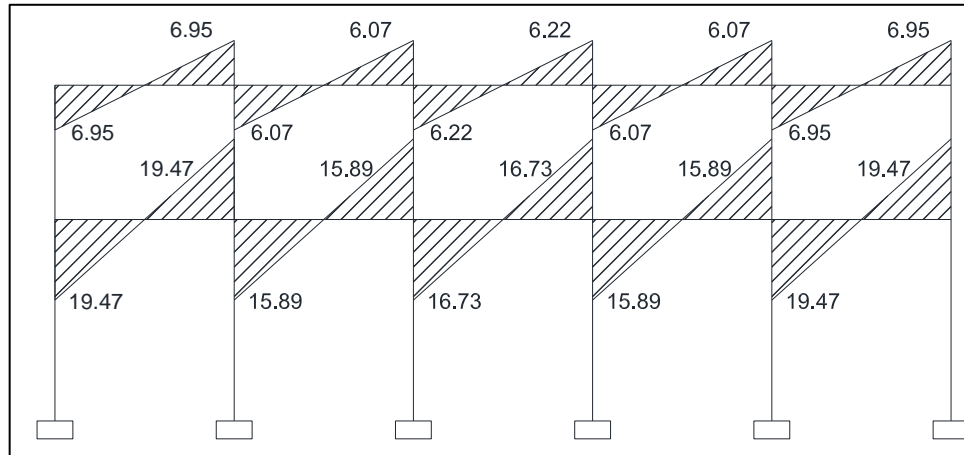
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Resultados de columnas corte último, eje y**

NIVEL	Viga	Momento sismo		L (m)	V (corte) Kg
		Momento izq Ton-m	Momento der Ton-m		
Nivel 2	BC	2,51	3,51	3	2006,84
	EF	2,92	4,01	3	2310,91
	HI	2,49	3,07	3	1853,84
	KL	2,49	3,12	3	1867,91
	NO	2,46	3,06	3	1838,53
	QR	2,63	3,63	3	2086,25
	UN	3,54	4,81	3	2784,26
Nivel 1	AB	5,80	7,96	4,50	3057,97
	DE	6,11	8,24	4,50	3189,17
	GH	5,74	7,99	4,50	3051,78
	JK	5,68	7,99	4,50	3038,68
	NM	5,75	7,97	4,50	3048,30
	QP	5,90	7,99	4,50	3087,07
	ST	6,41	8,28	4,50	3263,28

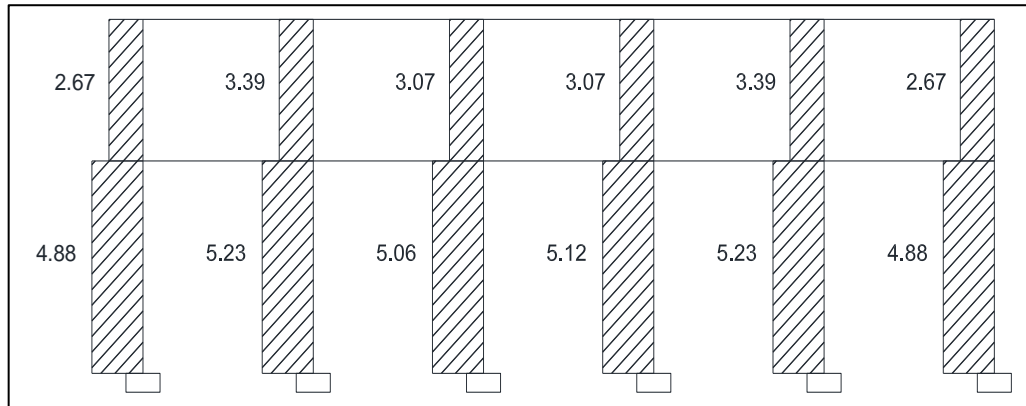
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Diagrama de corte último (kilogramo), eje x en vigas



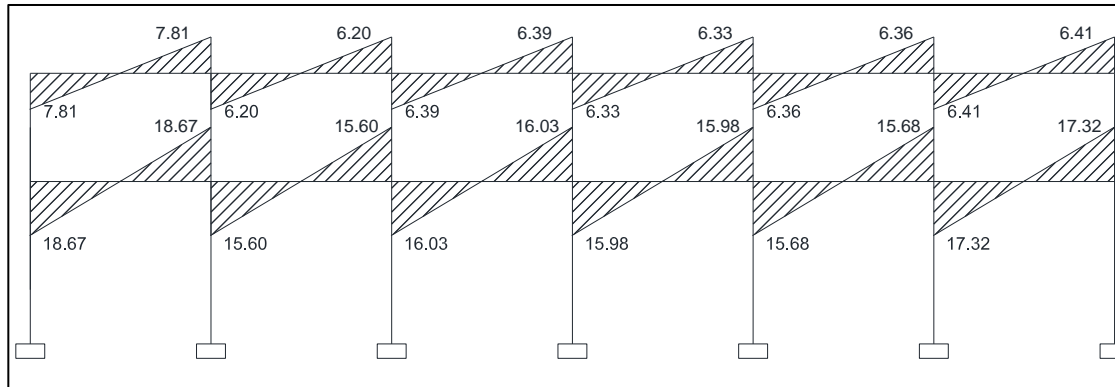
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 27. Diagrama de corte último (kilogramo), eje x en columnas



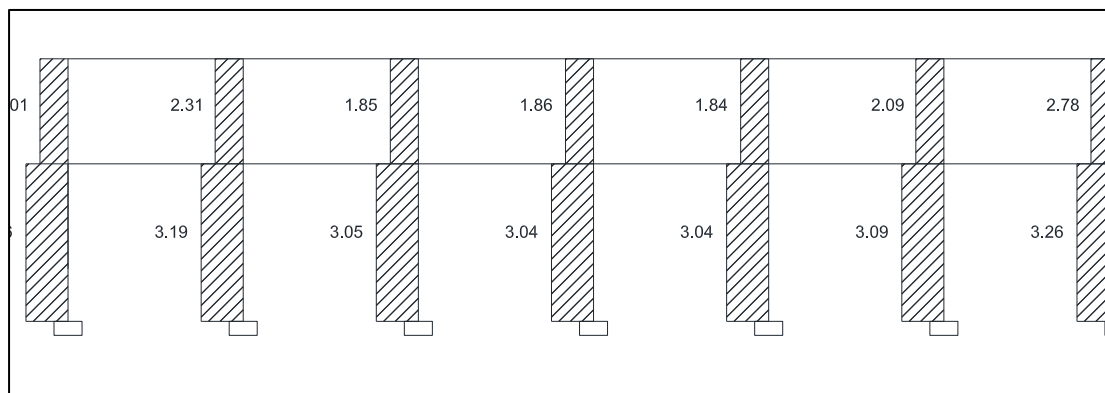
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 28. **Diagrama de corte último (kilogramo), eje y en vigas y columnas**



Fuente: elaboración propia, con el programa de ETABS.

Figura 29. **Diagrama de corte último (kg), eje y en columnas**



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

2.1.16. Diseño de elementos estructurales

El dimensionamiento estructural es el procedimiento en el cual se analiza la cantidad de material necesario para los elementos estructurales.

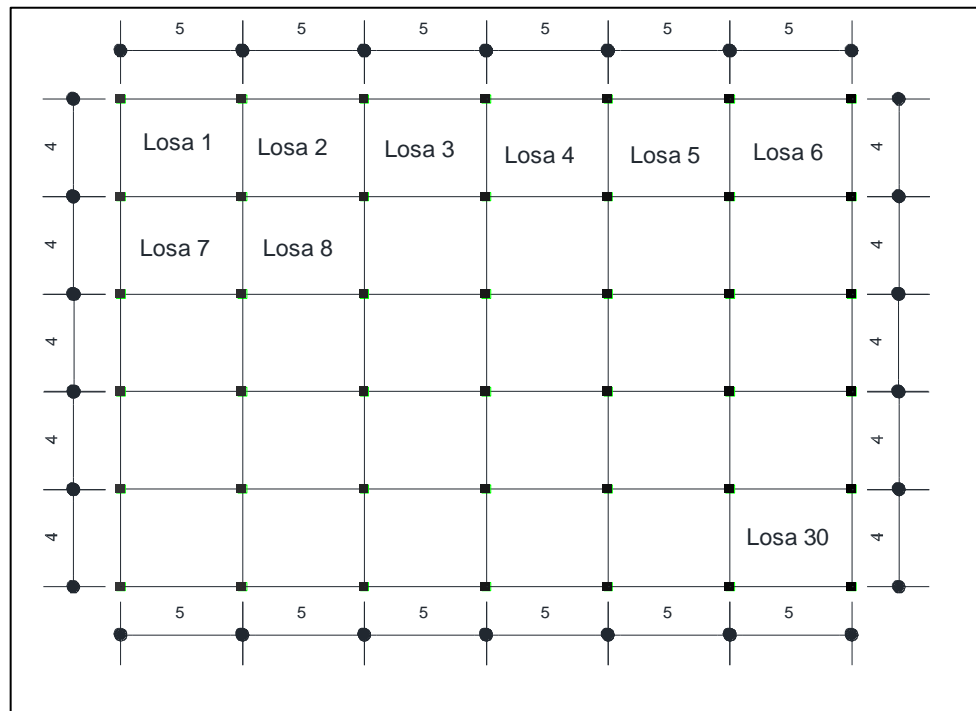
2.1.16.1. Diseño de losas

Para diseñarlas existen varios métodos, en este caso se utiliza el método 3 ACI descrito en la sección siguiente.

2.1.16.2. Losa nivel 1

Espesor de losa: el cálculo se realizó en el inciso 2.1.7.4. y se determinó un $T = 0,10$ m.

Figura 30. Planta típica distribución de losas



Fuente: elaboración propia, con programa de AUTOCAD 2013.

Cálculo de carga muerta

Espesor de losa 0,10 m

Peso propio de losa = 240 kg/m^2

Carga adic instalaciones = 35 kg/m^2

Mezclón y piso = 40 kg/m^2

Peso de muros = 85 kg/m^2 (muro solo en las orillas)

Total: 400 kg/m^2

Carga viva = 450 kg/m^2

$$CM_u = 1,4 \cdot 400 = 560,0 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_u = 1,7 \cdot 450 = 765,0 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1,4 \cdot (400) + 1,7 \cdot (450) = 1\,325,0 \text{ kg/m}^2$$

Para calcular los momentos de diseño, se toma una franja unitaria de 1,00 m de ancho, entonces:

$$CU_u = 1\,325,0 \cdot 1 = 1\,325,0 \text{ kg/m}$$

Momentos actuantes:

$$M_{(-)} = C \cdot C_{UU} \cdot A^2$$

$$M_{(+)} = C \cdot C_{UU} \cdot A^2 + C \cdot C_{VUU} \cdot A^2$$

Donde:

C = coeficiente de tablas ACI

A = dimensión del lado considerado de la losa

M = I_c/LI

M = $4/5 = 0,8 > 0,5$ la losa trabaja en dos direcciones

- Losas 1, 25, 6, 30
 - Momentos negativos
 - C = 0,071 a negativo
 - C = 0,029 b negativo

$$M(-) a 0,071 * 1 325,0 * (4^2) = 1 505,2 \text{ kg-m}$$

$$M(-) b 0,029 * 1 325,0 * (5^2) = 960,63 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos

Coeficiente para carga muerta	Coeficiente para carga viva
C = 0,039 a positivo	C = 0,048 a positivo
C = 0,016 b positivo	C = 0,022 b positivo

$$M(+) a = (0,048 * 765,0 * (4^2)) + (0,039 * 560,0 * (4^2)) = 936,96 \text{ kg-m}$$

$$M(+) b = (0,022 * 765,0 * (5^2)) + (0,016 * 560,0 * (5^2)) = 644,75 \text{ kg-m}$$

- Losas 7, 12, 13, 18, 19, 24

- Momentos negativos
 - C = 0,0 a negativo
 - C = 0,051 b negativo

$$M(-) a 0,0 * 1 325,0 * (4^2) = 0,0 = M(+) a * 1/3 = 342,48 \text{ kg-m}$$

$$M(-) b 0,051 * 1 325,0 * (5^2) = 1 689,38 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos

Coeficientes para carga muerta	Coeficiente para carga viva
C = 0,045 a positivo	C = 0,051 a positivo
C = 0,022 b positivo	C = 0,023 b positivo

$$M(+)\ a = (0,051*765,0*(4^2))+(0,045*560,0*(4^2))= 1\ 027,44\ \text{kg-m}$$

$$M(+)\ b = (0,023*765,0*(5^2))+(0,022*560,0*(5^2))= 747,88\ \text{kg-m}$$

- Losas 2, 3, 4, 5, 26, 27, 28, 29

- Momentos negativos

$$C = 0,086\ \text{a negativo}$$

$$C = 0,0\ \text{b negativo}$$

$$M(-)\ a\ 0,086*1\ 325,0*(4^2)= 1823,2\ \text{kg-m}$$

$$M(-)\ b\ 0,0*1\ 325,0*(5^2)=0,0 = M(+)\ b*1/3= 191,13\ \text{kg-m}$$

- Momentos positivos

Coeficientes para carga muerta

Coeficiente para carga viva

$$C = 0,045\ \text{a positivo}$$

$$C= 0,051\ \text{a positivo}$$

$$C = 0,015\ \text{b positivo}$$

$$C= 0,019\ \text{b positivo}$$

$$M(+)\ a = (0,051*765,0*(4^2))+(0,045*560,0*(4^2))= 1\ 027,44\ \text{kg-m}$$

$$M(+)\ b = (0,019*765,0*(5^2))+(0,015*560,0*(5^2))= 573,38\ \text{kg-m}$$

- Losas 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23

- Momentos negativos

$$C = 0,0\ \text{a negativo}$$

$$C = 0,0\ \text{b negativo}$$

$$M(-)\ a\ 0,0*1\ 325,0*(4^2)= 0,0 = M(+)\ a*1/3= 395,73\ \text{kg-m}$$

$$M(-)\ b\ 0,0*1\ 325,0*(5^2)= 0,0 = M(+)\ b*1/3= 253,96\ \text{kg-m}$$

- Momentos positivos

Coefficientes para carga muerta

Coefficiente para carga viva

C = 0,056 a positivo

C = 0,056 a positivo

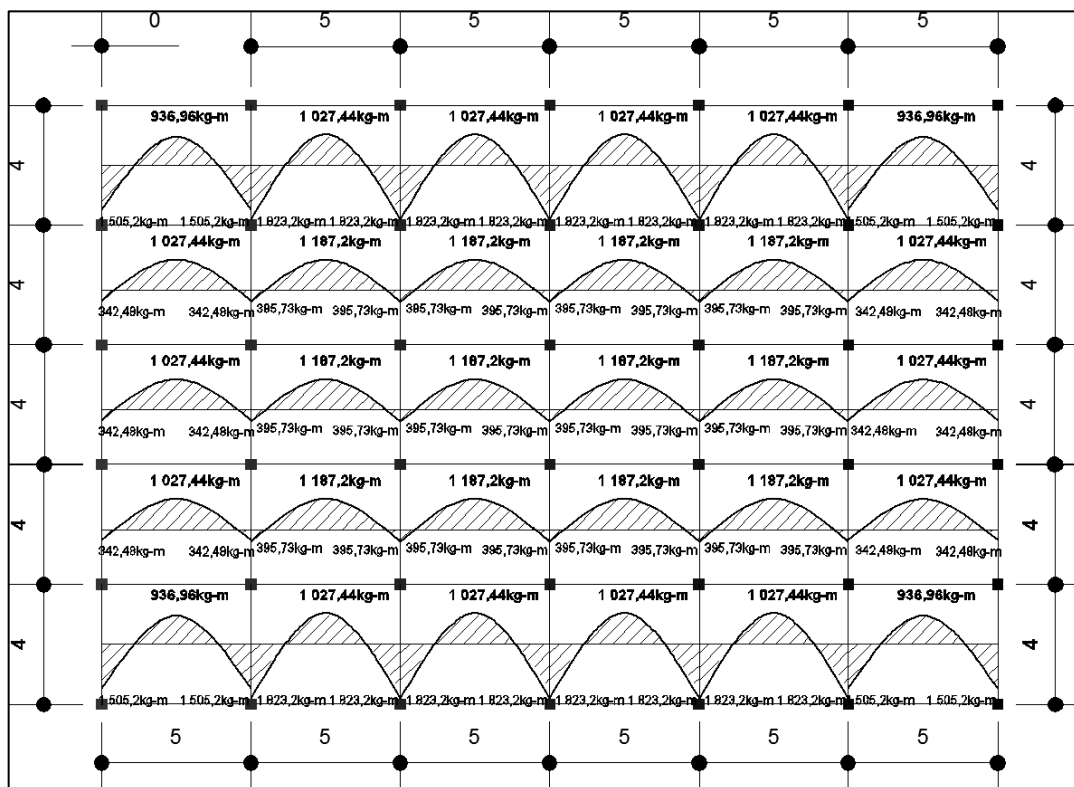
C = 0,023 b positivo

C = 0,023 b positivo

$$M(+)\ a = (0,056*765,0*(4^2))+(0,056*560,0*(4^2))= 1\ 187,2\text{kg}\cdot\text{m}$$

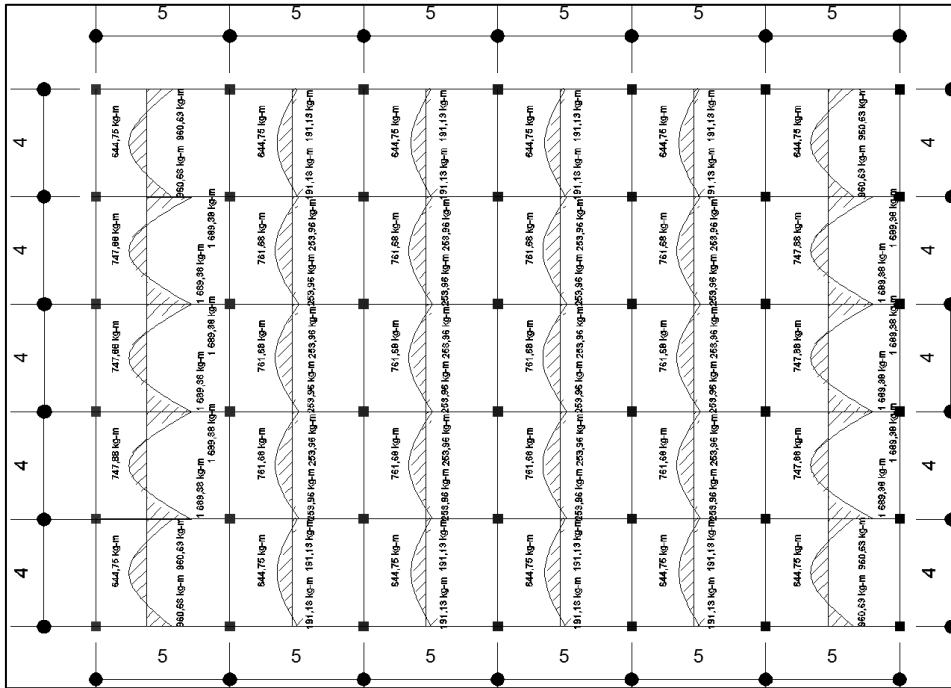
$$M(+)\ b = (0,023*765,0*(5^2))+(0,023*560,0*(5^2))= 761,88\ \text{kg}\cdot\text{m}$$

Figura 31. **Planta de momentos (lado a) actuantes en losa típica nivel 1**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

Figura 32. Planta de momentos (lado b) en losa típica nivel 1



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

- Balance de momentos

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

Para este caso, el método elegido es el siguiente:

$$\text{Si } 0,8 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}} \rightarrow M_B = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}) / 2$$

Si $0,8 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}} \rightarrow$ se balancean proporcionalmente a su rigidez

- En momentos lado “a” actuantes

Losa 1 y 2, 25 y 26...

$$M_B = 0,8 * 1\ 823,2 = 1\ 458,56 < 1\ 505,2 \text{ kg-m}$$

$$M_b = (1\ 823,2 + 1\ 505,2) / 2 = 1\ 664,2 \text{ kg-m}$$

- En momentos lado "b" actuantes

Losa 1 y 7, 25 y 26...

$$M_B = 0,8 * 1\ 689,38 = 1\ 351,50 > 960,63$$

Por lo tanto el balance se hace por rigideces.

$$k = \frac{1}{L} = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$D1 = \frac{K1}{K1 + K2} = \frac{0,25}{0,25 + 0,25} = 0,5$$

Donde

L = longitud perpendicular al lado de balanceo

K = rigidez del lado libre de la viga

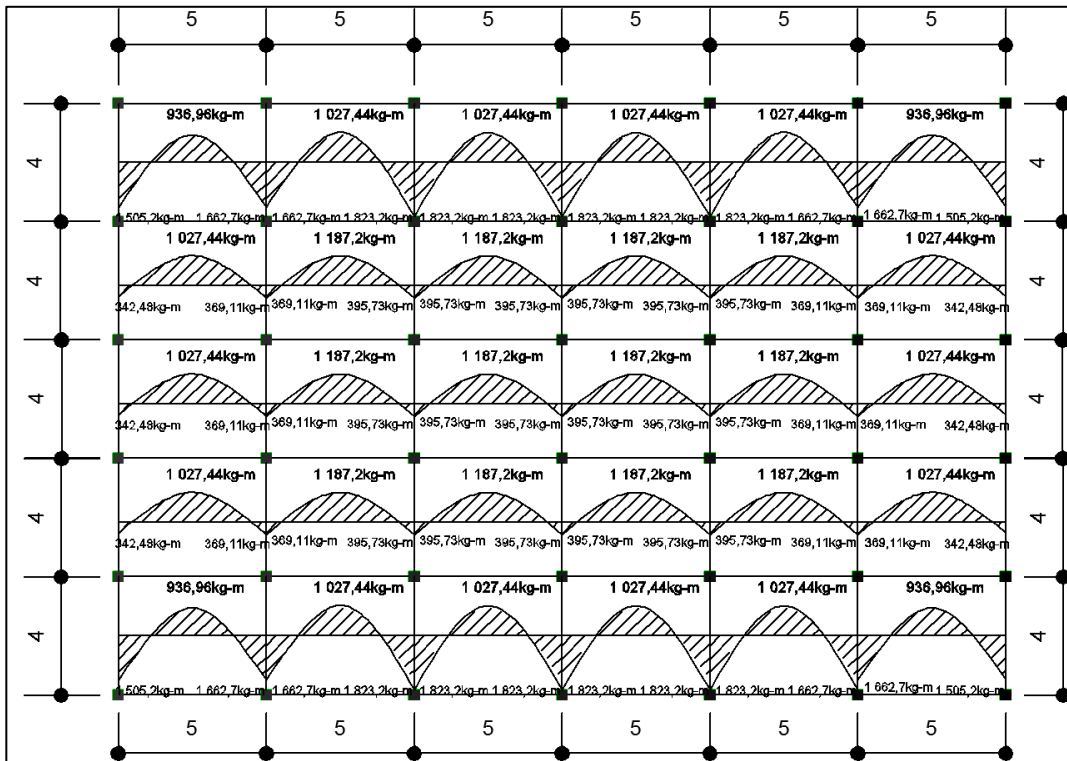
$$(M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D1 = (1\ 689,38 - 960,63) * 0,5 = 364,38 \text{ kg-m}$$

$$M_b = 1\ 689,38 - 364,38 = 1\ 325 \text{ kg-m}$$

$$M_b = 960,63 + 364,38 = 1\ 325 \text{ kg-m}$$

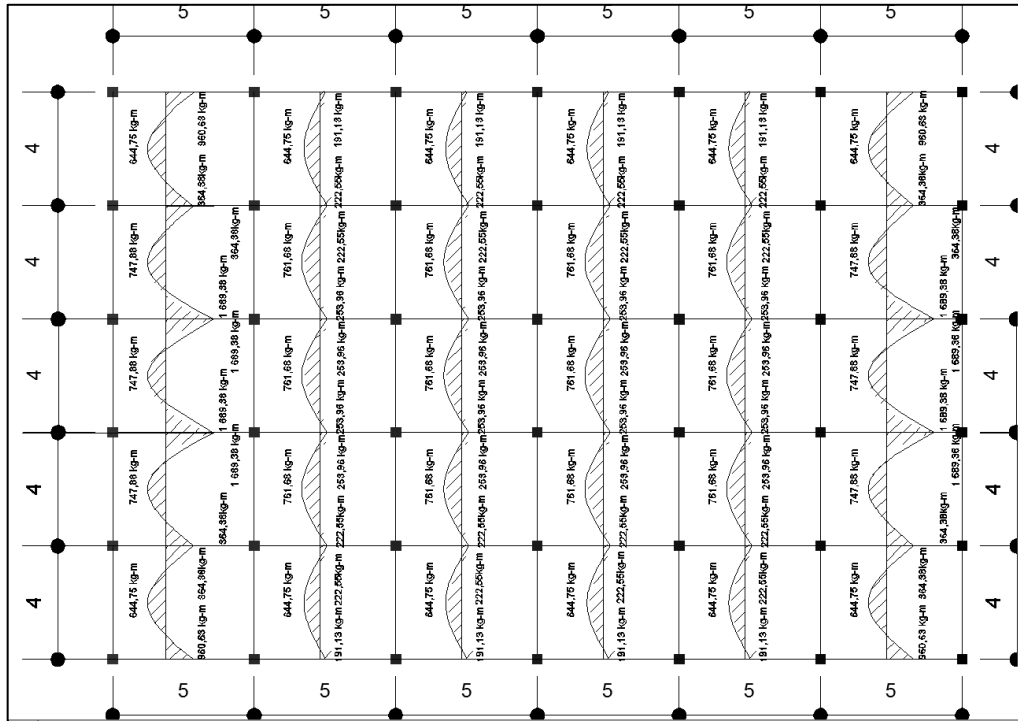
Los resultados, al hacer el balance de momentos en todos los puntos necesarios, se observan en la figura 33 y 34. Con estos datos se puede calcular el acero de refuerzo necesario en las losas.

Figura 33. **Planta de momentos balanceados (lado a) en losa nivel 1**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

Figura 34. Planta de momentos balanceados (lado b) en losa nivel 1



Área de acero mínimo

El área de acero mínimo ($A_{s_{MIN}}$), se calcula usando un ancho unitario de 1,00 m.

$$A_{s_{min}} = 0,4 (14,1 / F_y) * b * d$$
$$A_{s_{min}} = 0,4 (14,1/2810) * 100 * 7,03 = 1,41 \text{ cm}^2$$

Con el área de acero mínimo se calcula un espaciamiento (S), usando una varilla núm. 3 que tiene un área de $0,71 \text{ cm}^2$. El espaciamiento se calcula por medio de una regla de 3:

- Cálculo de espaciamiento

$$\text{Núm 3} = 0,71 \text{ cm}^2$$
$$S = (0,71 * 100) / 1,41$$
$$S = 50,11 \text{ cm}$$

- Espaciamiento máximo

El espaciamiento máximo (S_{max}) en una losa está dado por:

$$S_{max} = 3 \times \text{Espesor de losa}$$
$$S_{max} = 3 * 10 = 30 \text{ cm}$$

- Cálculo del momento soportado usando área de acero mínimo $A_{s_{MIN}}$

$$M_{sop} = 0,9 \left[A_{s_{min}} * l_y \left[d \cdot \frac{A_{s_{min}} * l_y}{1,7 * F'_c * B} \right] \right]$$

$$Msop = (0,9(1,41 \times 2810)(7,03 - ((1,41 \times 2810)/(1,7 \times 210 \times 100)))) = 24\,672,45 \text{ kg-cm}$$

$$Msop = 24\,672,45 \text{ kg-cm} \quad 246,72 \text{ kg-m}$$

El momento que resiste el área de acero mínimo (246,72 kg-m), no cubre todos los momentos de la figura 33 y 34. Por lo tanto, los momentos mayores al calculado se presentan en las tablas XVIII y XIX, con el área de acero requerido y el espaciamiento necesario.

Cálculo de A_s para cada momento mayor

Cálculo de áreas de acero

Para los momentos menores que el MSOP se usa A_{sMIN} y para los momentos mayores que el MSOP se calcula el área de acero con la fórmula:

$$A_s = \left[b \cdot d \cdot \sqrt{(b \cdot d)^2 + \frac{M \cdot b}{0,003825 \cdot F'_c}} \right] \cdot \left[\frac{0,85 \cdot F'_c}{F_y} \right]$$

$$A_{sMmax} = ((100 \cdot 7,025) - (((100 \cdot 7,025)^2) - (1\,823,2 \cdot 100 / (0,003825 \cdot 210))))^{1/2} \cdot$$

$$(0,85 \cdot 210) / 2810 =$$

$$A_{sMmax} = 11,82 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de espaciamiento

$$\text{Núm. } 5 = 1,98 \text{ cm}^2$$

$$S = (1,98 \cdot 100) / 11,82$$

$$S = 16,75 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte

Las losas están sometidas a esfuerzos de corte, los cuales deben ser resistidos por sus materiales. En este caso, por el tipo de losa que se utiliza, dichos esfuerzos deben ser resistidos únicamente por el concreto; por tal razón se debe chequear si el espesor de la losa es el adecuado.

El procedimiento es el siguiente:

- Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{MÁX} = CUU * L / 2$$

$$V_{max} = (1\ 325 * 5) / 2 = 3\ 312,5 \text{ kg}$$

- Cálculo del corte máximo resistente

$$V_R = 45 (f'c)^{(1/2)} * t$$

$$V_r = 45 * (210^{(1/2)}) * 10 = 6\ 521,12 \text{ kg}$$

- Comparar V_R con $V_{MÁX}$

Si $V_R \geq V_{MÁX}$ el espesor es el adecuado, caso contrario aumentar t

Como $V_R > V_{MÁX}$ el espesor es el adecuado

$$V_R > V_{MAX}$$

Tabla XVIII. **Áreas de acero requeridas en losas típicas del nivel 1, eje x-x**

Momento (M) kg-m	Área de acero cm ²	Núm. Varilla	Espaciamiento
Momento (-) mayor 1 823,2	11,82	5 o 5/8	0,15 m
Momento (+) mayor y repetitivo 1 187,2	7,27	4 o 4/8	0,18 m
Momento (-) más repetitivo 395,73	2,28	4 o 4/8	0,35 m

Se diseña con el espaciamiento menor por lo tanto se utilizara acero núm. 5 a cada 0,15 m.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Áreas de acero requeridas en losas típicas del nivel 1, eje y-y**

Momento (M) kg-m	Área de acero cm ²	Núm. varilla	Espaciamiento
Momento (-) mayor 1 689,38	10,81	5 o 5/8	0,18 m
Momento (+) mayor y repetitivo 761,68	4,51	4 o 4/8	0,25 m
Momento (-) más repetitivo 222,55	1,41	3 o 3/8	0,40 m

Se diseña con el espaciamiento menor por lo tanto se utilizara acero núm. 5 a cada 0,15 m.

Fuente: elaboración propia.

2.1.16.3. Losa nivel 2

Para el diseño de losas del nivel 2 se siguió el procedimiento aplicado para las losas del nivel 1. Los resultados para ambos niveles se presentan en los planos, en el apéndice 1.

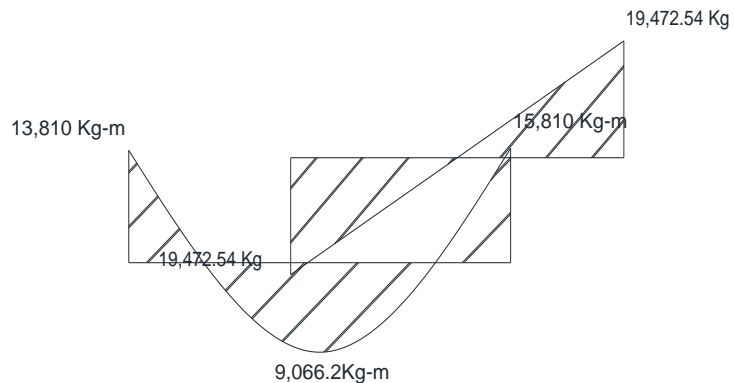
2.1.16.4. Diseño de viga

El procedimiento para diseñar vigas es el siguiente:

Se utilizaron datos de los momentos y cortes más críticos del nivel 1.

Los datos tomados del análisis estructural, se muestran en la tabla XIII y XV.

Figura 35. **Diagrama de momentos y cortes últimos en la viga (kg-cm)**



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Diagrama de momento (kg-m)

Diagrama de corte (kg)

Momento A = 13 810,00 Corte positivo = 19 472,54

Momento B= 15 810,0 Corte negativo = 19 472,54

Momento positivo = 9 066,2

Peralte efectivo

$$d = 0,50 - 0,045 = 0,455 \text{ m}$$

Sección = 0,30m x 0,50m; peralte efectivo d = 0,455 m

Límites de acero: antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se calculan los límites dentro de los cuales debe estar. Esto se hace usando los criterios siguientes:

$$AS_{min}: \left(\frac{14,1}{F_y} \right) [* b * d]$$

$$AS_{max} :: p_{Bal} * b * d, \quad p_{Bal} :: \emptyset p_{max} :: \emptyset \left(\frac{0,003 * ES * 0,85^2 F'c}{(F_y : 0,003 * s) * F_y} \right)$$

$$AS_{MIN} = (14,1 / 2810) * (30 * 45,5) = 6,85 \text{ cm}^2$$

$$AS_{MAX} = \left((0,5 * 0,003 * 210000) \left((0,85^2) 210 \right) (30 * 45,5) \right) / \left((2810 + (0,003 * 210000)) * 2810 \right)$$

$$AS_{MAX} = 25,48 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal: usando los momentos dados se procede a calcular las áreas de acero con la fórmula:

Se calcula para cada momento negativo.

$$As = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * F'c}} \right] * \left[\frac{0,85 F'c}{F_y} \right]$$

$$A_{SM(-)} = \left((30 * 45,5) - \left((30 * 5,5)^2 \right) \left((15810,0 * 30) / (0,003825 * 210) \right)^{1/2} \right) \left((0,85 * 210) / 2810 \right)$$

$$A_{SM(-)} = 15,04 \text{ cm}^2$$

$$15,04 \text{ cm}^2 \leq A_{sm\acute{a}x} = 25,48 \text{ cm}^2$$

Usando la fórmula anterior se calcula el área de acero para cubrir el momento positivo

$$A_{SM(+)} = \left((30 * 45,5) - \left((30 * 45,5)^2 \right) \left((9066,2 * 30) / (0,003825 * 210) \right)^{1/2} \right) \left((0,85 * 210) / 2810 \right)$$

$$A_{SM(+)} = 8,27 \text{ cm}^2$$

Después de calcular el área de acero para los momentos positivo y negativo deben de considerarse los siguientes requisitos sísmicos:

- Cama superior al centro: se debe colocar, como mínimo, dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores: $A_{sm\acute{i}n}$ o 33 % del A_s calculada para el $M(-)$. $A_{sm\acute{i}n} = 6,85 \text{ cm}^2$, 33 % ($A_s(-)$) = 4,96 mayor = 6,85 cm^2 .

Para la cama superior al centro se utilizará $A_{sm\acute{i}n} = 6,85 \text{ cm}^2$

- Cama inferior en apoyos: se debe colocar, como mínimo, dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores: $A_{sm\acute{i}n}$; 50 % del A_s calculada para el $M_{(+)}$ o 50 % del A_s calculada para el $M_{(-)}$ mayor. $A_{sMIN} = 6,85 \text{ cm}^2$, 50 % ($A_{s(+)}$) = 4,135 cm^2 , 50 % ($A_{s(-)}$) = 7,52 cm^2 .

Para la cama inferior en los apoyos se calcula:

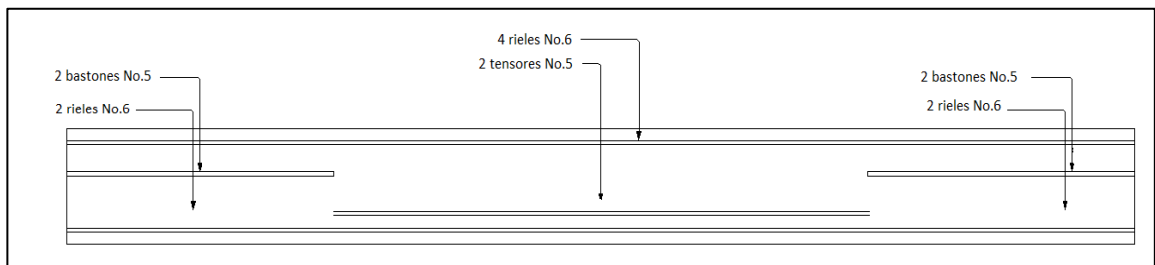
$$A_{s\text{mín}} = 6,85 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)} = 0,5 * 8,27 = 4,135 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)} = 0,5 * 15,04 = 7,52 \text{ cm}^2$$

Se utilizará la mayor de las áreas, utilizando el área de 50 % de $A_{s(-)}$

Figura 36. Armado de viga



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

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

- Cálculo de corte resistente

$$V_R = 0,85 * 0,53 (f'c)^{1/2} * b * d$$

$$V_R = 0,85 * 0,53 * ((210)^{1/2}) * 40 * 55,5 = 8 911,22 \text{ kg}$$

$$V_U = 19 450,0 \text{ kg}$$

- Comparar corte resistente con corte último:

Si $V_R \geq V_U$ la viga necesita estribos solo por armado.

Si $V_R < V_U$ se diseñan estribos por corte, usando la expresión siguiente:

$$S = 2A_v \cdot F_y \cdot d' / V_u$$

En este caso, $V_U = 19\,450,0$ kg y $V_R = 8\,911,22$ kg; como $V_R < V_U$, calcular los estribos por corte:

$$S = 2 \cdot 1,27 \cdot 2\,810 \cdot 45,5 / 19\,450 = 15,00 \text{ cm}$$

Usar estribos por corte como Var 4/8

Además de lo anterior, existen requisitos sísmicos que mandan a confinar los estribos de las vigas en sus extremos, con el objetivo de darle mayor ductilidad en los nudos. Esto se hace de la forma siguiente:

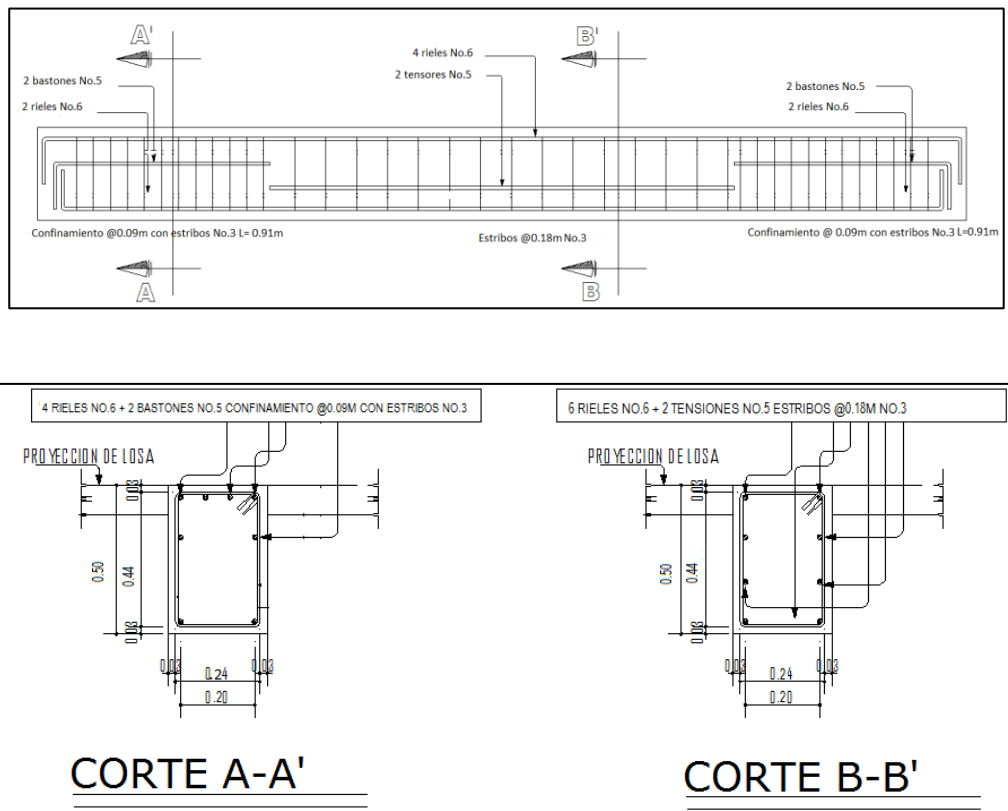
$$L_o = \text{longitud de confinamiento} = L_o = 2d = 2(0,455) = 0,91 \text{ m}$$

Deben seguirse las siguientes recomendaciones:

- El primer estribo debe estar colocado a 5 cm, como máximo de la cara del elemento de apoyo.
- El espaciamiento máximo de los estribos no debe exceder de:
 $D/4 = 45/4 = 11,25 \text{ cm}$
 8 veces el diámetro de la varilla menor longitudinal = $8 \cdot 1,905 = 15,24 \text{ cm}$
 24 veces el diámetro de la varilla de estribo = $24 \cdot 0,95 = 22,86 \text{ cm}$
 O 12"

La separación de los estribos en la zona de confinamiento será de 10 centímetros con hierro núm. 3 y de 15 centímetros con hierro núm. 4 en zona no confinada.

Figura 37. Armado final, viga A



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

De esta manera fue calculada la viga del primer nivel más crítica, la cual se utilizará como viga típica del nivel 1.

Se realizó el mismo procedimiento para el diseño de la viga típica del segundo nivel, ver planos en apéndices para el armado final de las vigas.

2.1.16.5. Diseño de columnas

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

En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del edificio del asilo, aplicándolo en la columna del nivel 1.

- Columna típica nivel 1

El procedimiento a seguir para el diseño de las columnas es el siguiente:

Datos: estos son obtenidos del análisis estructural:

Sección = 0,30*0,30 m

Lu = 4,1 m

M_y = 11 992,3 kg-m

M_x = 8 246,3 kg-m

V_c = 5228,47 kg

Cálculo de carga axial: CU = 1,4CM + 1,7CV

Cálculo del factor de carga última FCU = CU / (CV + CM)

Nivel 1

$$CM = ((2\ 400*0,10)+60+80) = 380\text{ kg/m}^2$$

$$CV = 450\text{ kg/m}^2$$

$$CU\ 3 = (1,4x((2\ 400*0,10)+60)+80)+(1,7*450)=1\ 297,0\text{ kg/m}^2$$

$$FC_U = 1\ 297,0 / (380+450)=1,5627$$

Nivel 2

$$CM = ((2\ 400*0,10)+60) = 300\text{ kg/m}^2$$

$$CV = 200\text{ kg/m}^2$$

$$CU1 = (1,4*((2\ 400*0,10)+60))+(1,7*200) = 760\text{ kg/m}^2$$

$$FC_U = 760/(200+300) = 1,52$$

Cálculo de la carga axial:

Nivel 2

$$PU = (ALOSASCU) + (Pc*FCU)$$

$$P_{Cu} = (20*760)+(0,30*0,50*9*2\ 400*1,52)=20\ 124,8\text{ kg}$$

$$P_{Cu} = 20\ 128,8\text{ kg}$$

Nivel 1

$$PU = (ALOSASCU) + (Pc*FCU)$$

$$P_{Cu} = (20*1\ 297,80)+(0,30*0,50*9*2\ 400*1,5627) + Pu\ 2do\ nivel = 31\ 019,15\text{ kg}$$

$$P_{Cu} = 31\ 019,15 + 20\ 128,8\text{ kg}$$

$$P_U = 51\ 143,95\text{ kg}$$

- Clasificar la columna por su esbeltez (E): una columna es esbelta cuando los lados de su sección transversal son pequeños en relación con su

longitud. Por el valor de su esbeltez (E), las columnas se clasifican en cortas ($E < 21$), intermedias ($21 \leq E \leq 100$) y largas ($E > 100$). El objetivo de clasificar las columnas es para ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos originales del análisis estructural; si son intermedias se deben magnificar los momentos actuantes, y si son largas no se construyen.

La esbeltez de la columna en el sentido X se calcula con el procedimiento siguiente.

- Inercia de columnas

$$I = (1/12) \times 30 \times (30^3) = 67\,500,0$$

- Inercia de vigas

$$I = (1/12) \times 30 \times (50^3) = 312\,500,00$$

- Cálculo de coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación:

- Extremo superior:

$$\Psi_A = (\sum K_{col}) / (\sum K_{viga})$$

$$E_M \text{ (como todo el marco es del mismo material)} = 1$$

$$\bar{I} = \text{inercia}$$

- Nivel inferior sentido X

Los valores de inercia se sacaron del cálculo ubicado en la página 64

$$\Psi_A = ((0,22/0,22 + 0,9259 + 0,333 + 0,9259)) = 0,09148$$

$\Psi_B = 0$ no existen vigas que se unen en ese nodo

$$\Psi_P = \Psi_A + \Psi_B / 2 \quad (0,09148 + 0) / 2 = 0,04574$$

- Cálculo de coeficiente K:

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

$$K = 0,9 (1 + \Psi_P)^{1/2} \quad \text{para } \Psi_P \geq 2$$

$$K = ((20 - 0,04574) / 20) \times ((1 + 0,04574)^{1/2}) = 1,0203$$

- Cálculo de la esbeltez de la columna:

$E = KLu / \sigma$, donde $\sigma = 0,30 \times \text{Lado menor para columnas rectangulares}$

$$E = (1,0203 \times 4,1) / (0,30 \times 0,30) = 46,4803$$

El cálculo de la esbeltez de la columna, en el sentido Y, se resume a continuación:

- Los valores de inercia se sacaron del cálculo ubicado en la página 64

$$\Psi_A = ((0,22/0,22 + 1,1574 + 0,333 + 1,1574)) = 0,07671$$

$\Psi_B = 0$ no existen vigas que se unen en ese nodo

$$\Psi_P = \Psi_A + \Psi_B / 2 \quad (0,07671 + 0) / 2 = 0,03836$$

- Cálculo de coeficiente K:

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

$$K = 0,9 (1 + \Psi_P)^{1/2} \quad \text{para } \Psi_P \geq 2$$

$$K = ((20 - 0,03836)/20) \times ((1 + 0,03836)^{1/2}) = 1,017$$

- Cálculo de la esbeltez de la columna

$E = KLu / \sigma$, donde $\sigma = 0,30 \times \text{lado menor}$ para columnas rectangulares

$$E = (1,017 \times 4,1) / (0,30 \times 0,30) = 46,33$$

Por los valores obtenidos de E, tanto en el sentido X como en Y, la columna se clasifica como columna intermedias, por tanto se deben magnificar los momentos actuantes.

- Magnificación de momentos:

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

$$\delta = \frac{1}{\left[1 - \frac{Pu}{\phi P_{cr}}\right]} \geq 1, \left\{ \begin{array}{l} \phi = 0,70 \text{ si se usan estribos} \\ \phi = 0,75 \text{ si se usan zunchos} \end{array} \right.$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{KLu'}, P_{cr} = \text{Carga crítica}$$

$$EI = \frac{\left[\frac{E_c \cdot I_g}{2,5}\right]}{1 + \beta d}, \beta d = \frac{\text{momento máximo de la carga muerta}}{\text{momento máximo último}}$$

E = módulo de Young

$E_c = \text{módulo de elasticidad del concreto} = 15\,100 (F'c)^{1/2}$

I = momento de inercia de la sección

βd = Factor de flujo plástico

- Sentido X

$$\beta d = (1,4 \cdot 380) / (1\,297) = 0,41$$

$$EI = ((15\,100 \cdot (210^{1/2})) \cdot (((1/12) \cdot 30 \cdot (30^3))) / 2,5) / (1 + 0,41)$$

$$EI = 4,1902 \text{ E } 9 \text{ kg/cm}^2 = 419,02 \text{ T-m}^2$$

$$P_{cr} = (((3,1416^2) \cdot 4,1902 \text{ E } 9) / ((1,020 \cdot 260)^2)) = 588\,016,4686 \text{ kg} = 588,016 \text{ Ton}$$

Cálculo del magnificador de momento

$$\delta = 1 / (1 - (51\,143,95 / (0,7 \cdot 588\,016,4686))) = 1,142$$

Cálculo de momento de diseño

$$M_{dx} = 1,14 \cdot 8\,246,3 = 9\,400,782 \text{ kg-m}$$

- Sentido Y

$$\beta d = (1,4 \cdot 380) / (1\,297) = 0,41$$

$$EI = ((15\,100 \cdot (210^{1/2})) \cdot (((1/12) \cdot 30 \cdot (30^3))) / 2,5) / (1 + 0,41)$$

$$EI = 4,1902 \text{ E } 9 \text{ kg/cm}^2 = 419,02 \text{ T-m}^2$$

$$P_{cr} = (((3,1416^2) \cdot 4,1902 \text{ E } 9) / ((1,017 \cdot 260)^2)) = 591\,490,7097 \text{ kg} = 591,49 \text{ Ton}$$

Cálculo del magnificador de momento

$$\delta = 1 / (1 - (51\,143,95 / (0,7 \cdot 591\,490,709))) = 1,141$$

Cálculo de momento de diseño

$$M_{dx} = 1,141 \cdot 11\,992,3 = 13\,683,2143 \text{ kg-m}$$

- Acero longitudinal

Para calcular el acero longitudinal de las columnas existen varios métodos; los cuales se aplican según el tipo de cargas a las que está sometida la columna. Existen columnas sometidas a carga axial, y momento uniaxial, carga axial y momento biaxial, y carga axial y momento triaxial.

Existen varios métodos para calcular el acero longitudinal en columnas. En este caso se utilizará el método de carga inversa, que es un método simple y aproximado, desarrollado por Bresler. Este método sencillo ha sido comprobado satisfactoriamente mediante comparación de resultados en gran cantidad de ensayos y cálculos precisos.

$$1/P'u = 1/P'ox + 1/P'oy - 1/P'o$$

Donde

$P'u$ = valor aproximado de carga de falla con excentricidad e_x y e_y

$P'ox$ = carga de falla cuando solamente existe excentricidad e_x y ($e_y=0$)

$P'ox$ = $K'x * F'c$

$P'oy$ = carga de falla cuando solamente existe excentricidad e_y y ($e_x=0$)

$P'oy$ = $K'y * F'c$

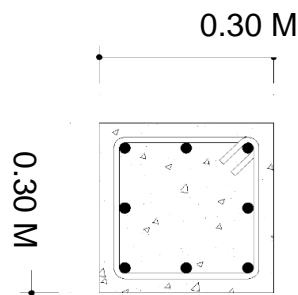
$P'o$ = carga de falla cuando el elemento tiene carga axial pura

$$P'o = 0,70 [(0,85 * F'c * A_{gcolumna}) + A_{acero} * F_y]$$

Donde $K'x$ y $K'y$ son coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para diseño de columnas.

Si $P'u > P_u$, entonces el armado propuesto es correcto, de lo contrario, se debe aumentar el área de acero.

Figura 38. **Sección de columna**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

Datos:

$$P_u = 51\,193,95 \text{ kg}$$

$$M_{dx} = 9\,400,782 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 13\,686,2143 \text{ kg-m}$$

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

$$F'_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Recubrimiento} = 3 \text{ cm}$$

Cálculo de límites de acero: según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1 \% A_g \leq A_s \leq 6 \% A_g$

Área de acero mínimo

$$A_{s_{\text{MIN}}} = 0,01 * 30 * 30 = 9,0 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo

$$A_{s_{MAX}} = 0,06 * 30 * 30 = 54,0 \text{ cm}^2$$

Se proponen 8 varillas núm. 5 = $1,9793 * 8 = 15,834 \text{ cm}^2$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas.

Los valores a utilizar en los diagramas son:

Valor de la gráfica: $\gamma = h_{nucleo} / h_{columna}$

$$Y_x = (30-6)/30 = 0,8$$

$$Y_y = (30-6)/30 = 0,8$$

Valor de la curva:

$$\rho_t \mu = A_s F_y / 0,85 f'_c A_g$$

$$\rho_t \mu = ((15,8344 * 2810) / (0,85 * (30 * 30) * 210)) = 0,28$$

Excentricidades:

$$E_x = M_{dx} / P_u$$

$$E_y = M_{dy} / P_u$$

$$e_x = 9\,400,782 / 51\,193,95 = 0,18 \text{ m}$$

$$e_y = 13\,686,2143 / 51\,193,95 = 0,2673 \text{ m}$$

Conociendo las excentricidades se calcula el valor de las diagonales

$$e_x / h_x = 0,18 / 0,30 = 0,06$$

$$e_y / h_y = 0,267 / 0,30 = 0,089$$

La carga de falla de la columna será:

$$P'_{ua} = P_u/0,7$$

$$P'_{ua} = 51\ 193,95/0,7=73\ 134,21\ \text{kg}$$

$$P'_{ua} = 73\ 134,21\ \text{kg}$$

Con los datos obtenidos se buscan los valores de los coeficientes K_x y K_y , siendo estos:

$$K_x = 0,90$$

$$K_y = 0,85$$

Por último se calculan las cargas:

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_x :

$$P'_o = 0,70(0,85*210*(900-15,834)+(15,834*2\ 810))=141\ 622,02\ \text{kg}$$

$$P'_{ox} = K_x*\Phi*f'_c*b*h$$

$$P'_{xo} = 0,95*0,70*210*30*30=119\ 070,00\ \text{kg}$$

$$119070$$

$$P'_{oy} = K_y*\Phi*f'_c*b*h$$

$$P'_{oy} = 0,90*210*0,70*30*30=101\ 206,5\ \text{kg}$$

Calcular P'_u con la ecuación de Bresler

Carga de resistencia de la columna:

$$P'_u = 1/((1/119\ 070)+(1/101\ 209,5)-(1/141\ 622,02))=89\ 143,50\ \text{kg}$$

Comprobación: $P'u > P'ua$ $89\ 143,50 > 73\ 134,8429$ $P'u$ es mayor a $P'ua$.

Como $P'u > P'ua$ el armado propuesto sí resiste las fuerzas aplicadas, si esto no fuera así, se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

- Acero transversal (estribos): el objetivo del refuerzo transversal es para resistir los esfuerzos de corte y, en algunos casos, solo por armado. Por requisitos sísmicos, las columnas deben confinarse para aumentar la capacidad de carga axial, de corte y ductilidad, debe ser en forma de anillo (estribos) o refuerzo en espiral continuo (zunchos).

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

Refuerzo por corte:

$$V_R = 0,85 \cdot 0,53 (f'_c)^{1/2} b d$$

$$V_R = 0,85 \cdot 0,53 \cdot (210^{1/2}) \cdot 30 \cdot 27 = 5\ 287,98 \text{ kg}$$

$$V_U = 5\ 228,47$$

$$V_R > V_U$$

$$5\ 287,97 > 5\ 228,47$$

Como: $V_R > V_U$ ($5\ 287,97 > 5\ 228,47$), entonces se colocan estribos con un espaciamiento $S = d/2$, en caso contrario se diseñan los estribos a corte. Se utiliza la varilla mínima permitida es la núm. 3

Colocar espaciamiento $S = d/2$

$$s = 27/2 = 13,5 \text{ cm}$$

Confinamiento: para la longitud de confinamiento (L_o), debe tomarse el mayor de estos criterios:

$$L_o = 410/6 = 68,33 \text{ cm o } 68 \text{ cm}$$

$$\text{Lado mayor de la columna} = 30 \text{ cm}$$

El espaciamiento de los estribos (S_1) en zonas confinadas de las columnas debe encontrarse entre $3 \text{ cm} < S_1 < 10 \text{ cm}$. Para estribos usar como mínimo varilla núm. 3.

Luego se calcula la relación volumétrica:

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) (0,85 f'_c / F_y); \quad \rho_s \geq 0,12 (f'_c / F_y)$$

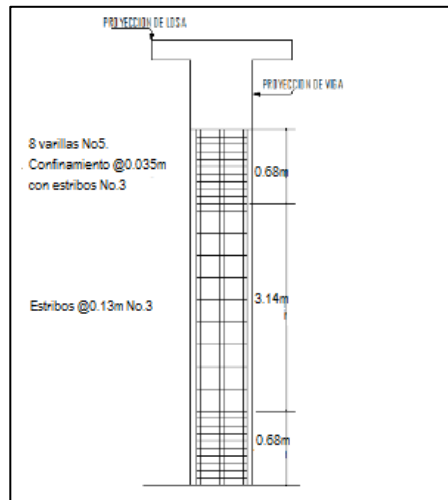
$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{(30^2)}{(24^2)} - 1 \right) \times \frac{(0,85 \times 210)}{2 \times 810} = 0,01608$$

Y por último, el espaciamiento entre estribos en la zona confinada es:

$$S_1 = 2A_v / \rho_s L_n$$

$$S_1 = (2 \times 0,71) / (0,01608 \times 24) = 3,68 \text{ cm}$$

Figura 39. **Armado final de columna**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

Se realizó el mismo procedimiento para el diseño de la columna típica del segundo nivel, ver planos en apéndices para el armado final de las columnas.

2.1.16.6. Diseño de zapata

Los cimientos son elementos de la estructura destinados a recibir las cargas propias y las aplicadas exteriormente a la misma; estos, a su vez, transmiten la acción de las cargas sobre el suelo.

Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se deben considerar, principalmente, el tipo de superestructura, la naturaleza de las cargas que se aplicarán, las condiciones del suelo y el costo de la misma.

Los datos necesarios para el diseño de las zapatas se toman del análisis estructural y del estudio del suelo. Los datos a utilizar para el diseño de esta zapata son los siguientes:

$$M_y = 11\,992,3 \text{ kg-m}$$

$$M_x = 8\,246,3 \text{ kg-m}$$

$$\text{Carga última} = P_u = 51\,143,95 \text{ kg}$$

$$\text{Momento x} = 11\,992,3 \text{ kg m}$$

$$\text{Momento y} = 8\,246,3 \text{ kg m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 7,5 \text{ cm}$$

$$\text{Resistencia del concreto} = 210 \text{ kg -m}$$

$$\text{Resistencia del acero} = 2\,810 \text{ kg - m}$$

$$\text{Valor soporte del suelo} = V_s = 20\,616 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso específico del concreto} = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso específico del suelo} = 1\,870 \text{ kg-m}^2$$

$$\text{Desplante de cimentación} = d_f = 1,80 \text{ m}$$

- Factor de carga última

$$F_{cu} = (1,4 * CM + 1,7 CV) / CM + CV$$

$$F_{CU} = 1\,297,0 / (380+450) = 1,5627$$

- Cálculo de cargas de trabajo

$$P' = P_u / F_{cu}$$

$$P' = 51\,143,95 / 1,5627 = 32\,727,94 \text{ kg}$$

$$M'_x = M_x / F_{cu}$$

$$M'_x = 11\,992,3 / 1,5627 = 7\,674,09 \text{ kg-m}$$

$$M'_y = M_y / F_{cu}$$

$$M'_y = 8\,246,3 / 1,5627 = 5\,276,96 \text{ kg-m}$$

- Predimensionamiento del área de zapata

$$Az = 1,5p'/Vs$$

$$Az = (1,5 \cdot 32\,727,94 \text{ kg}) / 20\,616 \text{ kg/m}^2 = 2,86 \text{ m}^2$$

Se propone una dimensión de 2,10x2,10 m

- Chequeo por presión sobre suelo

La presión que ejerce la zapata sobre el suelo está dada por medio de la fórmula siguiente:

$$q = P/Az \pm M'x / Sx \pm M'y / Sy$$

Donde $S = (1/6) \cdot b \cdot h^2$; además se debe tomar en cuenta que no debe ser negativo ni mayor que el valor soporte del suelo (Vs). Para la zapata se tiene:

$$Sx = Sy = (1/6) \cdot 2,10 \cdot 2,10^2 = 1,54$$

$$P = P' + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}}$$

$$P = 32\,727,94 + (0,30 \cdot 0,30 \cdot 4 \cdot 2\,400) + (4 \cdot 1 \cdot 1\,870) + (2,10^2 \cdot 0,3 \cdot 2400)$$

$$P = 44\,247,14 \text{ kg}$$

$$q_{\text{MAX}} = (44\,247,14/4) + (7\,674,09/1,54) + (5\,276,96/1,54)$$

$$q_{\text{MAX}} = 19\,471,56 \text{ cumple no excede } Vs$$

$$q_{\text{MIN}} = (44\,247,14/4) - (7\,674,09/1,54) - (5\,276,96/1,54)$$

$$q_{\text{MIN}} = 2\,652,01 \text{ cumple, no existe tensión.}$$

- Presión última: como se observa en los cálculos anteriores, la presión está distribuida en forma variable, pero para efectos de diseño estructural se toma una presión última usando el criterio:

$$q_u = q_{MÁX} \cdot F_{cu}$$

$$q_{DISEÑO} = 19\,471,56 \times 1,5627 = 30\,428,21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Espesor de zapata: } t = 0,35$$

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

$$d = t - \text{Rec.} - \Phi/2$$

$$d = 35 - 7,5 - (1,97/2) = 26,515 \text{ cm}$$

Asumiendo un diámetro de varilla núm. 5 ($1,97 \text{ cm}^2$)

$$\text{Área de corte} = 1 - 0,2 - 0,275 = 0,525$$

$$\text{Área de corte} = 0,525 \times 2 = 1,05 \text{ m}^2$$

$$V_{act} = 1,05 \times 30\,428,21 = 31\,949,62$$

$$V_r = 0,85 \times 0,53(210)^{1/2} (210 \times 26,515) = 36\,350,92$$

$V_r > V_{act}$ Si cumple

- Chequeo por corte punzonante: la columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en ella alrededor del perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a

una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna. El chequeo que se realiza es:

$$V_{act} = A \cdot q_u$$

$$V_{act} = 2,10^2 - 0,57^2 \cdot 30 \cdot 428,21 = 124 \cdot 302,28 \text{ kg}$$

$$V_R = 0,85 \cdot 1,06 (f'_c)^{1/2} b d$$

$$V_R = 0,85 \cdot 1,06 \cdot (210^{1/2}) \cdot (57 \cdot 4) \cdot 27 = 80 \cdot 377,23 \text{ kg}$$

Como $V_{act} > V_R$, entonces no chequea por corte punzonante.

Se aumenta el peralte a $t = 45 \text{ cm}$

Por corte simple

$$d = t - \text{Rec.} - \Phi/2$$

$$d = 50 - 7,5 - (1,98/2) = 36,51 \text{ cm}$$

Asumiendo un diámetro de varilla núm. 5 ($1,98 \text{ cm}^2$)

$$\text{Área de corte} = 1,05 - 0,3651 - 0,15 = 0,5349 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de corte} = 0,5349 \cdot 2 = 1,0698 \text{ m}^2$$

$$V_{act} = 1,0698 \cdot 30 \cdot 428,21 = 32 \cdot 552,10$$

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 (210)^{1/2} (210 \cdot 36,51) = 50 \cdot 053,63$$

$V_r > V_{act}$ sí cumple.

Por punzonante

$$A = (A_{zap}^2) - (L_{col} + d)^2 = 2,10^2 - (0,30 + 0,3651)^2 = 3,97$$

$$V_{act} = 3,97 \cdot 30 \cdot 428,21 = 120 \cdot 728,24 \text{ kg}$$

$$V_R = 0,85 \cdot 1,06 (f'_c)^{1/2} b d$$

$$V_R = 0,85 \cdot 1,06 \cdot (210^{1/2}) \cdot (66,51 \cdot 4) \cdot 36,51 = 126 \cdot 821,59 \text{ kg}$$

Como $V_R > V_{act}$, entonces si chequea por punzonamiento

- Diseño de refuerzo por flexión: el empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos. Esto se hace de la manera siguiente

L es la distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata.

$$L = 2,10 - 0,30 = 1,8 \quad 1,8/2 = 0,9$$

Sentido X

Momento último: este se define tomando la losa empotrada con la fórmula:

$$M_u = q_u \cdot L^2 / 2$$

$$M_u = (30\,428,21 \times (0,9^2)) / 2 = 12\,323,425 \text{ kg-m}$$

Área de acero: el área de acero se define por la fórmula:

$$A_s = (B \cdot d - ((Bd)^2 - (M \cdot b / 0,003825f'c))^{1/2} / (0,85f'c / F_y)$$

Cálculo del área de acero que requiere la zapata

$$A_{s_{req}} = (100 \cdot 36,51 - ((100 \times 36,51)^2 - ((12\,323,425 \cdot 100) / (0,003825 \times 210))^{1/2}) \times (0,85 \times 210 / 2\,810)$$

$$A_{s_{req}} = 13,75 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{MIN}} = (0,002Bd) = 0,002 \cdot 100 \cdot 36,51 = 7,302 \text{ cm}$$

$$A_{s_{MIN}} < A_{s_{req}}$$

Como el área de acero requerido es mayor que el área de acero mínimo se utilizarán el área de acero requerido para el diseño.

Espaciamiento: el espaciamiento entre varillas de refuerzo está definido por:
Tomando en cuenta que $S < 0,45m$

$$S = A_v/A_s = 2,85/13,75 = 0,207m$$

El espaciamiento será de 0,20 m con varillas núm. 6 en ambos sentidos.
Como no existe colindancia con algún otro terreno, se utilizará el mismo cimiento para toda la estructura.

2.1.16.7. Diseño de gradas

Una escalera debe ser cómoda y segura, dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de huella (C) y contrahuella (H), cumpliendo con los siguientes criterios:

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

$$H > C$$

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

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

Carga de diseño para una escalera:

$$CM = PP(\text{escalera}) + PP(\text{acabados})$$

$$PP(\text{escalera}) = Wc = t + c/2$$

Para determinar el número de escalones se utiliza:

$$H/C_{\max}$$

$$H/C_{\max} = 3,20/0,185 = 17,30 \text{ escalones} = 18 \text{ escalones}$$

Para utilizar 18 escalones se chequea:

$$C = 18,50 \text{ cm} < 20 \text{ cm}; H = 30 \text{ cm}$$

$$2C + H = 2 \cdot 18,50 + 30 = 67 \text{ cm}$$

$$C + H = 18,50 + 30 = 48,50 \text{ cm}$$

$$C \cdot H = 18,50 \cdot 30 = 465 \text{ cm}^2$$

Como todo chequeo, se tienen 18 contrahuellas de 18,50 cm, 18 huellas de 30 cm.

Para calcular el espesor de la losa se utiliza:

$$t = L/20$$

Para ello, se debe de tomar en cuenta que L es una longitud inclinada:

$$L = 2,80 \text{ m}$$

$$t = 2,80/20 = 0,14$$

Integración de cargas:

Peso propio:

$$\gamma_c \cdot (t + c/2)$$

$$2400 \cdot (0,14 + 0,185/2) = 558 \text{ kg/cm}^2$$

Acabados	60 kg/cm ²
----------	-----------------------

Total	618 kg/cm ²
-------	------------------------

Carga viva 400 kg/cm²

Carga última

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

$$C.U. = 1,2*618 + 1,6*400 = 1\ 381,6 \text{ kg/cm}^2$$

Se calculan los momentos actuantes en la losa. Se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros, según el código ACI:

$$M(-) = w \cdot l^2 / 9 = 1\ 381,6 \cdot 2,80^2 / 9 = 1\ 203,52 \text{ kg-m}$$

$$M(+) = w \cdot l^2 / 12 = 1\ 381,6 \cdot 2,80^2 / 12 = 902,64 \text{ kg-m}$$

Cálculo de acero:

$$As_{\min} = 14,1 \cdot b \cdot d / f_y = 14,1 \cdot 100 \cdot (14 - 3,5 - 0,148) / 2810 = 5,23 \text{ cm}^2$$

Cálculo de acero para cada momento:

$$As = \left[b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{M \cdot b}{0,003825 \cdot F'c}} \right] \cdot \left[\frac{0,85 F'c}{F_y} \right]$$

$$As_{M(-)} = 8,43 \text{ cm}^2$$

$$As_{M(+)} = 7,31 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado de 1 varilla núm. 3 a 10 cm en sentido longitudinal.

Acero por temperatura para el refuerzo en el sentido transversal:

$$As_{\text{temp}} = 0,002 \cdot b \cdot d$$

$$As_{\text{temp}} = 0,002 \cdot 100 \cdot 10,43 = 2,09 \text{ cm}^2$$

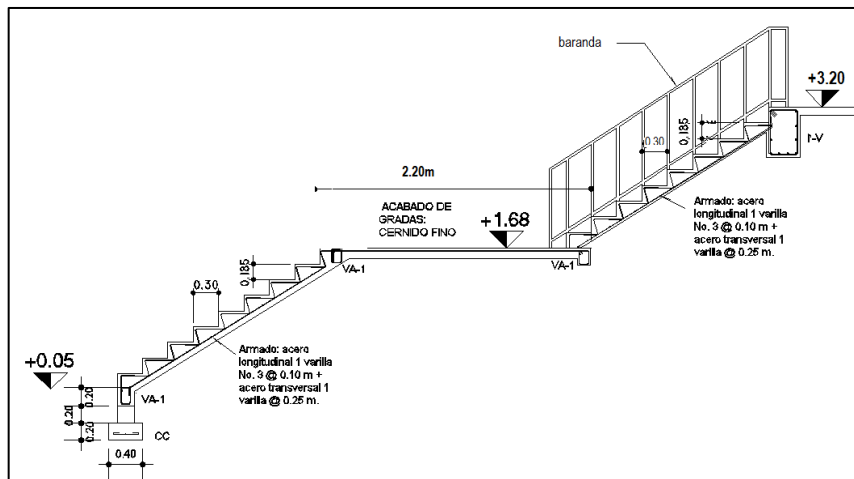
Espaciamiento máximo:

$$S \max = 2 \cdot t$$

$$S \max = 2 \cdot 14 = 28 \text{ cm}$$

Se propone refuerzo por temperatura de 1 varilla núm. 3 a 25 cm

Figura 40. Detalle de gradas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

- Cimiento corrido:

Es el cimiento que se le coloca a los muros de carga. Para este caso, debido a que los muros no son de carga sino divisiones de tabiques, se utilizará exclusivamente para el cimiento de gradas. Se calcula como una franja unitaria.

Se diseñarán para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo a la resistencia del terreno,

debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes.

Por medio de la teoría de Meyerhof para zapatas, utilizando una excentricidad de 1 por ciento de la longitud total, una carga por muros y sobrepeso de 2.34 toneladas/metro en franjas unitarias y con las características del suelo, además de acuerdo con FHA se propone colocar cimiento corrido de 20 x 40 centímetros a un desplante de 0,60 metros.

Según FHA, el refuerzo mínimo para cimientos corridos es:

- Viviendas de un nivel: 2 núm. 3 + eslabones núm. 3 a 30 cm o núm. 2 a 15 cm.
- Viviendas de dos niveles: 3 núm. 3 + eslabones núm. 3 a 30 cm o núm. 2 a 15 cm.

Para el asilo municipal se propone utilizar un cimiento corrido de 20 x 40 centímetros con refuerzo 3 núm. 3 con eslabones núm. 2 a 15 centímetros, a una profundidad de 0,60 metros según el tipo de suelo.

2.1.16.8. Diseño de rampa

- Determinar cómo trabaja la losa

$$\text{Losa} = m = a/b$$

$$m = 2/12 = 0,167 < 0,5 \text{ trabaja en un sentido}$$

- Cálculo de espesor de losa

$$t = L/24 = 2,5/24 = 0,10\text{m}$$

L= longitud inclinada

- Integración de cargas

$$CM=(2\ 400\text{kg/m}^3)(0,10\text{m})= 204\ \text{kg/m}^2$$

$$SC= 70\ \text{kg/m}^2$$

$$\Sigma CM= 274\ \text{kg/m}^2$$

$$CV= 400\ \text{kg/m}^2$$

$$CMU= 1,4(274\ \text{kg/m}^2) + 1,7(400\ \text{kg/m}^2)$$

$$CMU = 1\ 063,6\ \text{kg/m}$$

- Cálculo de momentos

$$WL^2/14 = (1\ 063,6)(4^2)/14= 1\ 503,54\ \text{kg-m}$$

$$WL^2/10 = (1\ 063,6)(4^2)/10= 2\ 104,96\ \text{kg-m}$$

$$WL^2/9 = (1\ 063,6)(4^2)/9= 2\ 338,84\ \text{kg-m}$$

- Balanceo de momentos o chequeo de momentos

El balanceo de momentos se hace solo cuando estos son distintos en el diagrama de momentos, por lo cual hay que hacerles una igualación.

En el caso de estos valores de los momentos, como no hay uno que sea distinto del otro, entonces los valores siguen siendo los mismos.

- Cálculo del peralte

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

$$d = 8,5 - 2 - 0,5 = 6 \text{ cm}$$

- Cálculo del área mínima

$$A_{s\text{min.}} = 0,4(14,1/F_y)b.d = 0,4(14,1/2810)(100)(6) = 2,71 \text{ cm}^2$$

$$2,71 \text{ cm}^2 \text{-----} \rightarrow 100$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \text{-----} \rightarrow S \text{ -----} \rightarrow S = 27 \text{ cm}$$

$$S_{\text{max.}} = 3t = (3)(13,5) = 40,5 \text{ cm.}$$

- Cálculo del momento para el acero mínimo

$$M_{A_{s\text{min.}}} = 0,9[A_s \cdot F_y \cdot d - ((A_s^2 F_y^2) / (1,7 \cdot F'_c \cdot b))]$$

$$M_{A_{s\text{min.}}} = 0,9[2,71 \cdot 2810 \cdot 13,5 - ((2,71^2 \cdot 2810^2) / (1,7 \cdot 210 \cdot 100))] / 100$$

$$M_{A_{s\text{min.}}} = 910,62 \text{ kg-m}$$

Como no cumple los momentos necesarios, se calcula el área de acero necesaria para cumplir los momentos actuantes en la rampa.

$$A_s = \left[b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{M \cdot b}{0,003825 \cdot F'_c}} \right] \cdot \left[\frac{0,85 F'_c}{F_y} \right]$$

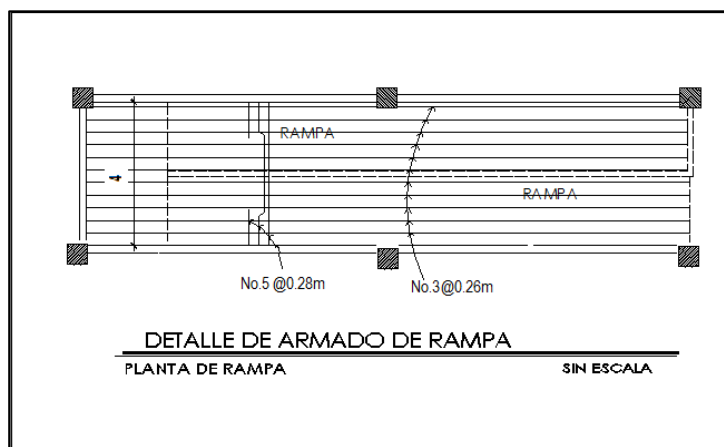
$$A_{sM} = \left((100 \cdot 13,5) - \left(\left((100 \cdot 13,5)^2 - \left((2338,84 \cdot 100) / (0,003825 \cdot 210) \right) \right)^{1/2} \right) \right) \cdot \left((0,85 \cdot 210) / 2810 \right) = 7,15 \text{ cm}^2$$

$$7,15 \text{ cm}^2 \text{-----} \rightarrow 100$$

$$1,98 \text{ cm}^2 \text{-----} \rightarrow S \text{ -----} \rightarrow S = 28 \text{ cm}$$

- Cálculo de acero por temperatura
 $A_{st} = 0,002bt$
 $A_{st} = 0,002 * (100) * (13,5) = 2,71 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Usar } 2,71$
 Usando varilla núm. 3 $\rightarrow \text{Area} = 0,71 \text{ cm}^2$
 $2,71 \text{ cm}^2 \text{-----} \rightarrow 100$
 $0,71 \text{ cm}^2 \text{-----} \rightarrow S \text{-----} \rightarrow S = 26$

Figura 41. **Detalle de armado de rampa**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2013.

2.1.17. Instalaciones

Las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios son: eléctricas, hidráulicas y sanitarias. Los aspectos que se consideraron para el diseño son:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Duración razonable y económica de mantenimiento

- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

Se diseñaron instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias para el asilo municipal de Villa Canales.

2.1.17.1. Instalaciones eléctricas

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

El procedimiento de cálculo para la instalación eléctrica considera un estudio inicial de requerimientos de carga para alumbrado y contactos de salida. Como segunda etapa, se debe indicar la capacidad en watts de cada uno de los circuitos, basada en disposiciones reglamentarias, aspectos de estética y características de operación de las unidades receptoras.

El informe número 29 de la Comisión Internacional de Iluminación hace referencia al nivel de iluminación (luxes) requerido para un edificio.

Tabla XX. Niveles de iluminación

Ambientes	Nivel de iluminación (luxes)
Mercados, salones y auditorios.	300
Bodegas, laboratorios, bibliotecas, salas de lectura y pintura.	500

Fuente: Comisión Internacional de Iluminación. *Informe núm. 29*. p. 102.

Para el diseño de las instalaciones eléctricas, se usó un nivel de iluminación de 300 luxes, utilizando el criterio de luz de día y una carga por unidad de fuerza de 300 watts.

- Cálculo de iluminación por habitación.

Datos:

Longitud (L) = 3,85 m

Ancho (A) = 4,75 m

Altura (H) = 2,90 m

Altura de techo (HT) = 0,25

Altura de suelo (HS) = 0,75

Tipo de lámpara a utilizar = T-2 doble de 40 w 4 450 luxes

$H-HT-HS = 2,90-0,25-0,75 = 1,90$ m

Relación de cavidad de habitación (RCL):

$$RCL = \frac{5H(L + A)}{LA}$$

$$RCL = [5*1,90(3,85+4,75)]/(3,85*4,75)$$

$$RCL = 4,47$$

Índice habitación (K):

$$k = \frac{5}{RCL}$$

$$K = 5/4,47 = 1,12$$

Factor de pérdida total (FTP) = 0,60

Coefficiente de utilización (CU) = 0,70

Cálculo del número de lámparas (N):

$$N = \frac{\text{Luces requeridas} * \text{área}}{\text{Lumenes generados} * \# \text{ de lámparas} * \text{CO} * \text{FPT}}$$

$$N = (300 * 18,29) / (4\ 450 * 2 * 0,70 * 0,60) = 1,47 = 2$$

Iluminación resultante (EC):

$$N = \frac{\text{Lámpara} * \# \text{ Lámpara} * \text{Luces} * \text{FPT CO}}{\text{Área}}$$

$$EC = 2 * 2 * 4\ 450 * 0,6 * 0,7 / (18,29) = 408,75 \text{ lux}$$

El circuito 1 de iluminación está formado por 12 unidades T-2 dobles de 40 w y 4450 luxes cada una, siendo la carga total conectada de 1 280 watts. La alimentación de carga eléctrica al edificio será de 120 volts, la corriente a través del circuito se calcula con la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{E}$$

Donde:

I = corriente

P = potencia

E = voltaje

$$I = 960/120 = 8 \text{ amperios}$$

De acuerdo al resultado, el conductor ideal a utilizar en los circuitos de iluminación es el núm. 12 THHN que tiene una capacidad de conducción máxima de 25 amperios.

Tabla XXI. **Tabla de corriente y potencia soportada según calibre AWG**

Calibre AWG	Corriente soportada	Watts soportados 127V
18	10 Amperes	1 270
15	13 Amperes	1 551
14	18 Amperes	2 285
12	25 Amperes	3 175
10	30 Amperes	3 810
8	40 Amperes	5 080

Fuente: *Norma de instalaciones eléctricas NOM-001*. p. 34.

Para la instalación de fuerza se utiliza el criterio de asignar una carga de 300 watts de salida a cada tomacorriente, el circuito 3 de fuerza está formado por 8 unidades y la corriente se calcula con la expresión anterior:

$$I = 2\,400/120 = 20 \text{ amperios}$$

Los detalles específicos de cada uno de los circuitos del edificio del asilo se encuentran en los planos respectivos.

2.1.17.2. Instalaciones hidráulicas

Lo importante en la instalación general de agua son los detalles necesarios para apreciar su recorrido desde el punto de toma, hasta los depósitos y artefactos sanitarios.

Como en el caso de cualquier sistema de abastecimiento de agua, la dotación de agua para edificios es muy variable y depende de una serie de factores entre los cuales se pueden citar: uso del edificio, área, costumbres y hábitos de sus ocupantes, uso de medidores, así como del sistema de distribución que sea adoptado.

El diseño hidráulico del edificio de asilo se hará con el método de Hunter. Consiste en asignar a cada aparato sanitario o grupo de aparatos sanitarios, un número de unidades de gasto (UH) determinado experimentalmente. La unidad de gasto es la que corresponde a la descarga del aparato, siguiendo una tabla se calcula cuánto consume en litros por segundo, según unidades hunter.

Tabla XXII. **Unidades de gasto**

Artefactos	Cantidad	Núm. Hunter	UH
Inodoro con tanque	23	3	69
Lavamanos	20	1	20
Urinarios	3	3	9
Pilas	1	2	2
Lavatrastos	1	2	2
Duchas con tina	16	4	64
TOTAL			166

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al método para un UH de 166 corresponde un caudal de 1,96 l/s. El cálculo de diámetro de la tubería se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

Donde:

D = diámetro.

V = velocidad, se recomienda utilizar velocidades de 1 a 1,5 m/s para garantizar que el sistema funcione adecuadamente.

Q = caudal.

$$D = ((4 * 0,00193 / (3,1416 * 1,5))^{1/2})$$

D=0,04048 m = 1,60 Pulg se usara 1 ½ "

Este método considera aparatos sanitarios de uso intermitente y tiene en cuenta el hecho de que cuanto mayor es su número, la proporción del uso simultáneo de los aparatos disminuye. El gasto obtenido por este método es tal que hay cierta probabilidad que no sea sobrepasado, por lo tanto se utilizará un diámetro de 1 ½" para este edificio.

2.1.17.3. Instalaciones sanitarias

El agua potable que alimenta al edificio se contamina en los artefactos sanitarios, convirtiéndose en agua residual la cual debe evacuarse. Para el cálculo o dimensionamiento de las instalaciones de drenajes, es necesario definir un concepto que se conoce como unidad de descarga.

Se utilizará un factor de retorno de 0,9 del consumo de agua potable, el caudal que se utilizará será de $1,96 * 0,90 = 1,764$ Lt/seg.

Tabla XXIII. **Unidades de descarga**

Artefactos	Cantidad	Núm. Hunter	UH
Inodoro con tanque	23	3	69
Lavamanos	20	1	20
Urinarios	3	3	9
Pilas	1	2	2
Lavatrastos	1	2	2
Duchas con tina	16	4	64
TOTAL			166

Fuente: elaboración propia.

El método considera un diámetro de tubería para cierta cantidad de caudal según el diámetro y pendiente, el cual se presenta en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Diámetro del colector**

Tubo PVC diámetro en pulgadas	Litros por segundo a sección llena		
	Pendiente		
	1 %	2 %	3 %
4	6,9	9,7	11,9
6	19,8	28,1	34,3
8	44,3	62,7	74,7

Fuente: elaboración propia

Interpolando el resultado de la primera tabla con los valores de la segunda, se obtiene un diámetro de 4 pulgadas para la evacuación de aguas residuales. La tubería de los módulos de servicio sanitario se unifica en una caja de registro, utilizando una pendiente del 2 por ciento se obtiene un diámetro de 4 pulgadas para la evacuación final.

2.1.17.4. Instalaciones pluviales

En el edificio del asilo se diseñó la evacuación de precipitación pluvial que cae sobre techos, patios, zonas pavimentadas, entre otros. La solución comprende la instalación de tubería, accesorios y cajas de registro.

Previo al diseño y cálculo del sistema de evacuación de agua de lluvia, es importante tener en cuenta algunos factores:

- Intensidad de la precipitación pluvial
- Frecuencia de lluvias
- Área de la edificación expuesta a lluvia

El diámetro de la tubería a utilizar será calculada según el caudal a evacuar, para ello se usará la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde

Q = caudal en metro cúbico por segundo

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en milímetro por hora

A = área a considerar en hectáreas

$$I = \frac{4\,604}{t + 24}$$

Donde:

t = tiempo de concentración (20 años)

$$I = \frac{4\,604}{20 + 24} = 104,63 \text{ mm/hr}$$

Según datos estadísticos de la Estación Suiza Contenta del Insivumeh el proyecto presenta una intensidad de lluvia de 104,63 mm/h, el coeficiente de escorrentía a utilizar es de 0,95 el cual corresponde a superficies impermeables de techos.

$$Q = \frac{0,95 * 104,63 * 0,0376}{360}$$

$$Q = 0,0103 \text{ m}^3/\text{s}$$

El diámetro de la tubería se calcula con la siguiente expresión:

$$\emptyset = \left(\frac{69\,000 * Q * m}{S^2} \right)$$

Donde:

Q = caudal en metro cúbico por segundo

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente de la tubería

$$\emptyset = \left(\frac{69\,000 * 0,0103 * 0,009}{0,02} \right)$$

$$\emptyset = 9,90 \text{ cm}$$

Con el cálculo teórico se obtuvo un diámetro de 9,90 centímetros, por lo que en el diseño final se utilizará tubería PVC de 3 pulgadas.

2.1.18. Evaluación de impacto ambiental

Es el procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno, en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

- Impactos ambientales de la construcción de edificaciones:

Dentro de las actividades industriales, la construcción, junto con la industria asociada es la mayor consumidora, de recursos naturales y una de las principales causantes de la contaminación atmosférica. Por lo tanto, la aplicación de criterios de construcción sostenible de las edificaciones se hace imprescindible para el respeto del medio ambiente y el desarrollo de las sociedades actuales y futuras.

En el consumo eléctrico, hay que señalar que la actividad de construcción, como tal, no consume mucha energía en comparación con otras actividades humanas. Sin embargo, la consecución y procesamiento de los materiales de construcción y la utilización diaria de edificios e infraestructuras constituye, de

manera indirecta, una de las actividades humanas más intensivas en consumo energético.

La energía directa e indirecta usada en las viviendas y edificios proviene, principalmente, de la generación por medio de hidroeléctricas y de la combustión de combustibles fósiles que contribuyen de manera muy importante a la contaminación atmosférica, principalmente anhídrido carbónico, óxidos de azufre y de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono, óxido nitroso y partículas en suspensión.

Las emisiones directas de las edificaciones se centran sobre todo en la actividad de iluminación y operación, mientras que la producción de electricidad en las edificaciones es una de las grandes fuentes de contaminación indirecta. Asimismo, las obras públicas y la construcción de edificaciones se encuentran entre las causas de mayor contaminación acústica en las ciudades, junto con el transporte.

Además, el impacto de las actuales edificaciones, que ocupan cada vez más una mayor parte del territorio, crea un ambiente físico hostil para el desarrollo cotidiano de las actividades de los ciudadanos.

En cuanto a los residuos sólidos urbanos, el mayor volumen no se genera en el período de construcción de las edificaciones, sino en su utilización diaria durante su vida útil.

- Medidas de mitigación
 - Diseñar tratando de adecuarse al entorno existente.
 - En el momento de iniciar la construcción, señalar el área.

- Repoblar con árboles nativos de la región, las áreas libres.
- Restringir uso de maquinaria pesada a horas diurnas.
- Utilizar rutas alternas al centro de la población.
- Enterrar las bolsas de cemento y cal en lugar de quemarlas.
- Fundir y trasladar materiales de construcción en días no festivos o días de plaza.
- Minimizar la producción de polvo por medio de riegos adecuados de agua.

Tabla XXV. **Presupuesto del asilo municipal, Villa Canales**

Presupuesto del asilo municipal						
Institución:	Universidad de San Carlos de Guatemala					
Facultad:	Ingeniería					
Lugar:	Villa Canales, Guatemala					
Elaborado por:	Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez					
Núm.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U (Q)	SUB TOTAL (Q)	TOTAL
1	Preliminares					Q 8 618,06
1.1	Replanteo y trazo	m ²	700,00	Q 3,36	Q 2 354,40	
1.2	Limpieza general del área	m ²	700	Q 4,39	Q 3 076,31	
1.3	Bodega 3*4*3 m	glo	1	Q 3 187,35	Q 3 187,35	
2	Elementos estructurales					Q1 426 194,72
2.1	Columna nivel 1 0,30*0,30m	ml	189,00	Q 592,20	Q111 925,66	
2.2	Columna nivel 2 0,30m *0,30m	ml	126,00	Q 570,48	Q 71 880,57	
2.3	Viga nivel 1 0,30*0,50	ml	270,00	Q 773,11	Q208 738,94	
2.4	Viga nivel 2 0,30*0,50	ml	270,00	Q 637,01	Q 171 991,51	
2.5	Losa nivel 1 0,10 m var núm. 4 @0,20m	m ²	564,00	Q 773,11	Q410 887,61	
2.6	Losa nivel 2 0,10 m var núm. 3 @0,20m	m ²	600,00	Q 673,74	Q404 244,68	
2.7	Gradas	glo	1,00	Q 13 847,58	Q 13 847,58	
2.8	Rampa	glo	1,00	Q 32 678,17	Q 32 678,17	
3	Cimientos					Q 252 423,45
3.1	Zapatas 2,10*2,10*0,45m	u	42,00	Q 4 704,17	Q197 575,06	
3.2	Cimiento corrido 0,20*0,40 *1 m	ml	214,00	Q 256,30	Q 54 848,39	

Continuación de la tabla XXV.

4	Muro y soleras					Q 399 101,14
4.1	Muro block 0,19*0,19*0,39 m	m ²	950,00	Q 114,82	Q109 076,63	
4.2	Solera de humedad 0,20*0,20 4 var núm. 3	ml	365,00	Q 130,69	Q47 701,40	
4.3	Solera intermedia 0,20*0,20 4 var núm. 3	ml	730,00	Q 130,69	Q95 402,81	
4.4	solera corona 0,20*0,20 4 var núm. 3	ml	445,00	Q 130,69	Q 58 156,50	
4.5	Columna de muro	ml	575,00	Q 154,37	Q 88 763,80	
5	Acabados					Q1 104 987,65
5.1	Cernido (ambos lados de pared)	m ²	1 900,00	Q 29,61	Q 56 263,28	
5.2	Repello (ambos lados de pared)	m ²	1 900,00	Q 31,37	Q 59 597,78	
5.3	Mezclón de losa	m ²	1 100,00	Q 67,53	Q 74 279,70	
5.4	Torta de piso 10 cm	m ²	600,00	Q 171,58	Q102 947,76	
5.5	Tabla yeso de 2"	ml	101,00	Q 82,44	Q 8 326,21	
5.6	Pintura de agua y aceite	m ²	1 900,00	Q 20,11	Q 38 205,68	
5.7	Puerta I (entrada)	unidad	2,00	Q 1 850,00	Q 3 700,00	
5.8	Puerta II (cuartos)	unidad	43,00	Q 780,00	Q 33 540,00	
5.9	Puerta III (baños)	unidad	7,00	Q 250,00	Q 1 750,00	
6	Ventana tipo I (fachada frontal)	m ²	250,00	Q 1 875,00	Q 468 750,00	
6.1	Ventana tipo II (ventana cuartos)	unidad	37,00	Q 1 350,00	Q 49 950,00	
6.2	Piso cerámico de 0,30*0,30	m ²	1 100,00	Q 188,80	Q 207 677,25	
7	Instalaciones					Q 159 065,98
7.1	Instalaciones eléctricas	Glo	1	Q 27 834,98	Q 27 834,98	
7.3	Instalaciones sanitarias	Glo	1	Q 29 748,60	Q 29 748,60	
7.4	Instalaciones hidráulicas	Glo	1	Q 17 148,24	Q 17 148,24	
7.5	Artefactos Sanitarios	Glo	1	Q 78 525,72	Q 78 525,72	
7.6	Instalaciones pluviales	Glo	1	Q 5 808,44	Q 5 808,44	
	TOTAL				3 350 390,99	

Fuente: elaboración propia.

2.1.19. Cronograma físico-financiero

Con el siguiente cronograma se mostrará como deben realizarse las actividades de la obra para terminarla en un periodo de 7 a 8 meses, además

de la incorporación del apoyo financiero para cada una de las actividades a realizarse en el tiempo estipulado.

Tabla XXVI. **Cronograma físicofinanciero**

No.	Renglon	Costo								
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6			
1	Preliminares	100 %							0,26 %	Q 8 618,06
2	Elementos Estructurales		20 %	25 %	20 %	25 %	10 %		42,57 %	Q 1 426 194,72
3	Cimientos		25 %	30 %	45 %				7,53 %	Q 252 423,45
4	Muros y soleras				30 %	60 %	10 %		11,91 %	Q 399 101,14
5	Acabados						20 %	40 %	32,98 %	Q 1 104,987,65
6	Instalaciones				30 %	30 %	40 %		4,75 %	Q 159 065,98
Alcance del proyecto %		8,77 %	12,90 %	16,90 %	19,21 %	13,94 %	13,19 %	100,00 %	Q 3 350 390,99	
Costo		Q 356 962,87	Q 432 275,71	Q 566 279,63	Q 643 729,15	Q 467 153,51	Q 441 995,06	Q 3 350 390,99		

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.2. **Diseño de carretera pavimentada que conduce hacia el cementerio en la aldea El Tablón**

A continuación se presenta la descripción del diseño de la carretera pavimentada que conduce hacia el cementerio en la aldea El Tablón.

2.2.1. **Descripción del proyecto**

Un diseño geométrico óptimo es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple con las características de seguridad y comodidad del vehículo Este proyecto, localizado en la aldea El Tablón en el municipio de Villa Canales, considera pavimentar un tramo de 1,73 km de la carretera de acceso hacia un cementerio local, con un ancho de 5,50 metros y cuneta ambos lados, con él se pretende contribuir al desarrollo de la

comunidad. Se realizaron estudios topográficos, toma de muestras de suelos para ensayos de laboratorio, planos y presupuesto.

El diseño se basa en una carretera tipo E, clasificación según la Dirección General de Caminos; con un tráfico promedio diario anual (TPDA) de 160 vehículos y ancho de calzada de 5,50 metros.

El diseño del pavimento se basó en normas AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación) y *Reglamento del manual DGC-2001*.

2.2.2. Levantamiento topográfico preliminar

La topografía se utiliza para obtener la información necesaria para diseñar la calle que se va a pavimentar; para este proyecto se realizó un estudio topográfico de planimetría y altimetría. El levantamiento topográfico de la carretera se realizó con estación total, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección.

2.2.2.1. Levantamiento planimétrico

La distancia es lo que existe entre dos puntos cualesquiera, ubicados en un espacio tridimensional.

La medición de distancias es la base de toda la topografía, la distancia entre dos puntos significa su distancia horizontal. Si los puntos están a diferente elevación, su distancia es la longitud horizontal. El levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos orientados a un mismo norte y distancias con estaciones intermedias.

Aplicando el método de deflexiones se radiaron los puntos esenciales como los postes de luz, el ancho de calle, los cercos de la orilla de la carretera y línea central de la carretera.

2.2.2.2. Levantamiento altimétrico

La altimetría es la parte de la topografía de superficie, que trata de los métodos de campo y gabinete necesarios para obtener la posición altimétrica de puntos del terreno (coordenada z). Los puntos del terreno con posición altimétrica se refieren a elevaciones, alturas o cotas.

Una elevación es una distancia vertical medida desde un plano horizontal hasta un punto o banco de nivel del terreno.

En este proyecto se realizó la nivelación usando una estación total marca Sokkia, mediante el método taquimétrico, como cota de salida se fijó una arbitraria entera de 1 000 metros, para no tener cotas negativas.

2.2.3. Consideraciones de diseño

Según como sea la ubicación y localización del proyecto, así se realizará el diseño, tomando en cuenta los factores del terreno y la topografía del mismo. Se toma en cuenta que en el lugar no existe pavimentación en la carretera, por lo que se busca realizar un diseño de pavimentación que las vías de acceso del municipio de Villa Canales. Se cuenta con un una carretera de 1,73 km de caminamiento.

2.2.3.1. Ubicación y localización del tramo carretero

La carretera se encuentra en la aldea El Tablón, en el municipio de Villa Canales, que va desde el centro de la aldea al cementerio.

2.2.3.2. Aspecto del camino existente

El camino se encuentra en malas condiciones, ya que es un camino de terracería en donde el suelo es en su mayoría de tipo arcilloso, al cual no se le ha dado mantenimiento, y por lo tanto tiene muchos agujeros y lodo provocados por el agua de lluvia que se drena por gravedad.

2.2.3.3. Factores de diseño

Los factores que se tomarán en cuenta para el diseño de pavimento rígido son los que se detallan a continuación.

- Módulo de ruptura del concreto (MR)

La caracterización del concreto a emplear será a través de la resistencia a la flexión o módulo de ruptura. Este valor deberá ser el medio obtenido a los 28 días, utilizando una viga simple con carga a cada tercio de su longitud (AASHTO T 97, ASTM e 78).

Debido al carácter estadístico de la ecuación para el dimensionamiento de pavimentos rígidos y a que se introduce el término confiabilidad dentro de la ecuación, la AASHTO recomienda que no se utilice como dato de entrada el valor indicado en el proyecto del módulo de ruptura (Mr). Esto se debe a que en

el campo se deben tener resistencias iguales o mayores que la especificada. Solo un pequeño porcentaje quedará por debajo de este valor.

- Módulo de reacción del suelo (kc)

Para el diseño de pavimento rígido, se emplea el módulo de reacción de la capa de apoyo, Kc, es usual correlacionar MR con Kc. A continuación se muestran algunos valores típicos de Kc para diferentes suelos.

Tabla XXVII. **Valores típicos de resistencia de suelos**

Tipo de suelo	Resistencia de la capa subrasante	Kc, en kpa/cm	Módulo de elasticidad dinámico o de resiliencia, en Mpa	en kg/cm ²
Limos y arcillas de alta compresibilidad	Muy baja	135-270	6,9-13,11	<3
Suelos finos de baja compresibilidad	Baja	270-405	131-200	3-5,5
Arenas poco limosas arcillosas mal graduadas	Media	405-594	20-30	5,5-12
Gravas, arenas bien graduadas y mezclas de arena y grava con pocos finos	Alta	594-675	30-33,5	>12

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 115.

Alta compresibilidad para LL ~50 %

Baja compresibilidad indica LL < 50 %

LL = Límite líquido, según la ASTM D-423

Para tomar en cuenta la interacción de las capas con diferentes rigideces que componen al cuerpo del pavimento, es recomendable usar en las cartas de diseño un k combinado, tal como se obtiene de la tabla XXVII.

También se puede usar la correlación aproximada entre módulos de reacción y valores del valor relativo soporte (VRS o CBR) para diferentes suelos.

- Tráfico y cargas de diseño

No son más que los valores bajo los cuales se diseña el pavimento, considerando toda su vida, surgen del tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos que circulan en el lugar (llamado TPD) y cuyo valor se determina por tablas, más el tránsito promedio diario de camiones siempre en ambas direcciones denominado TPDC.

Este es el parámetro que influye más en el cálculo de espesores. Para determinarlo se toma en cuenta lo siguiente:

- La distribución de pesos por eje por cada 1 000 vehículos.
- Las tasas de crecimiento.
- Los factores de distribución del tránsito, se relaciona como se distribuye el tránsito pesado en el carril de diseño en un camino.

Normalmente los tránsitos promedios diarios anuales (TPDA) pueden ser conocidos a partir de aforos vehiculares.

Tabla XXVIII. **Tabla de crecimiento anual y periodo de 20 años**

Crecimiento anual, en %	Período de diseño 20 años	Período de diseño 40 años
1,0	1,1	1,2
1,5	1,2	1,3
2,0	1,2	1,5
2,5	1,3	1,6
3,0	1,3	1,8
3,5	1,4	2,0
4,0	1,5	2,2
4,5	1,6	2,4
5,0	1,6	2,7
5,5	1,7	2,9
6,0	1,8	3,2

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 98.

Los factores por los que se deberán multiplicar los TPDA actuales para reflejar las tasas de crecimiento anuales son los que se muestran en la tabla XXVIII, en ella aparecen períodos de diseño de 20 y 40 años. Debe tenerse en cuenta que el factor de crecimiento se ve influenciado por los siguientes factores:

- Impacto de obra nueva: el tránsito se desviará a la nueva vialidad o tramo carretero, sabiendo de la existencia de una superficie de rodamiento más segura y cómoda.
- Crecimiento normal de usuarios: corresponde al incremento normal del número de usuarios, debido sencillamente a que la población y número de vehículos aumentan.
- Tránsito inducido: es aquel tránsito que viene a la nueva instalación por recomendación de usuarios ordinarios o comunes a la misma. Este tránsito no se hubiese generado de no existir esta obra
- Tránsito nuevo generado: este tránsito es el que nace ante la nueva redistribución del uso de suelo al construir la vialidad.

Será conveniente entonces que las dependencias encargadas de la planeación y ejecución de carreteras o vialidades realicen estudios de impacto vial, a fin de obtener un factor de crecimiento realista.

2.2.4. Estudios de suelos

Conocidos los principales tipos de suelos existentes, el siguiente paso es establecer una serie de procedimientos científicos que permitan caracterizarlos en función de diferentes propiedades físicas, químicas o mecánicas.

Los ensayos que definen las principales propiedades de los suelos en carreteras son: análisis granulométrico, límites de Atterberg, equivalente de arena, Proctor modificado y la determinación de la capacidad cortante mediante el índice CBR.

2.2.4.1. Granulometría

Con ella se estima, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla XXIX. **Clasificación de material según partículas**

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa 2 mm – 0,2 mm Arena fina: 0,2 mm – 0,05 mm
Limo	0,05 mm – 0,005 mm
Arcilla	Menor a 0,005 mm

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. p. 113.

Según los resultados obtenidos del ensayo de granulometría, el suelo posee 5,27 % de grava, 27,25 % de arena y 67,48 % de finos. El suelo se clasificó como limo arenoso color café.

2.2.4.2. Límites de Atterberg

La plasticidad de un suelo depende no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los límites.

A través de este método se definen los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites, llamados límites de Atterberg, son: el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el límite de contracción (LC).

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Sobre todo esto se puede dar la clasificación siguiente:

Tabla XXX. **Características de los suelos**

Índice de plasticidad	Característica
$IP = 0$	Suelos exentos de arcilla
$7 > IP$	Suelos arcillosos
$17 > IP > 7$	Suelos poco arcillosos
$IP > 17$	Suelos muy arcillosos

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 21.

Se debe tener en cuenta que, en un suelo, el contenido de arcilla es el elemento más peligroso de una carretera, debido a su gran sensibilidad al agua.

Según el resultado del ensayo de límites de Atterberg, el suelo tiene un LL de 47,7% y un IP de 16,2 %, teniendo una clasificación ML, dicha clasificación indica que presenta una moderada plasticidad y que tiene un LL menor de 50 %.

2.2.4.3. Proctor

Como ya se ha demostrado, la relación existente entre la densidad seca de un suelo –su grado de compacidad- y su contenido en agua es de gran utilidad en la compactación de suelos. Su regulación se realiza mediante el

ensayo Proctor en sus dos variantes: normal (NLT-107) y modificado (NLT-108).

Este ensayo persigue la determinación de la humedad óptima de compactación de una muestra de suelo. La diferencia entre las dos variantes existentes, Proctor normal (PN) y modificado (PM) radica únicamente en la energía de compactación empleada, del orden de 4,5 veces superior en el segundo caso que en el primero. Esta diferencia es debido a que existe material que no logra una buena compactación con el Proctor normal.

El procedimiento de ensayo consiste en apisonar en 3 toneladas consecutivas (5 en el caso del PM), una cantidad aproximada de 15 kg, de suelo (35 kg, si se trata del PM), previamente tamizada y dividida por cuarteo en 4 partes aproximadamente iguales.

La muestra se humecta y se introduce en un molde metálico de dimensiones normalizadas (1,000 cm para el PN y 2,320 cm para el PM).

Para llevar a cabo el apisonado se emplea una maza también normalizada, de forma que su peso y altura de caída no varíen, lo que asegura una energía de compactación constante. La normativa estipula una cantidad de 26 golpes de maza por tongada en el caso del Proctor normal y de 60 golpes en el caso del modificado.

Se realizan de 4 a 6 determinaciones con diferente grado de humedad, construyéndose la curva humedad-densidad seca.

Según el resultado del ensayo Proctor modificado el suelo posee una densidad seca máxima de 1 507,48 kg/m³ o 94,10 lb/pie³ y una humedad óptima de 27,75 %.

2.2.4.4. CBR

Una vez que se hayan clasificado los suelos por el sistema AASHTO para carreteras contempladas en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinarán los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos o correlaciones para establecer el CBR, que es el valor soporte o resistencia del suelo, referido al 95 % de la máxima densidad seca (MDS) y a una penetración de carga de 2,54 mm.

Para calcular el valor soporte relativo del suelo de fundación, se efectuarán ensayos de *California bearing ratio* (CBR) para cada tipo de suelo y de control cada 2 km de espaciamiento como máximo.

Para la obtención del valor CBR diseño, se debe considerar lo siguiente:

Cuando existan 6 o más valores de CBR por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, determinar el valor de CBR de diseño en base al percentil 75 %, valor que es el menor al 75 % del total de los valores analizados.

Cuando existan menos de 6 valores de CBR por tipo de suelo representativo por sección de características homogéneas de suelos, considerar lo siguiente: si los valores son parecidos o similares, tomar el valor

promedio. Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (más bajo).

Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a qué categoría de subrasante pertenece el sector.

Según el resultado del ensayo CBR el suelo posee un valor soporte de 2,07 % al 99,3 % de compactación, expansión 5,43 % a 65 golpes. Siendo el suelo no apto para una subrasante.

2.2.4.5. Análisis de resultados

Los resultados del estudio de suelos y las gráficas obtenidas se encuentran en los anexos.

Resumen de resultados del estudio de suelos:

- Clasificación PRA: A-2-4
- Descripción del suelo: limo arenoso color café
- Limite líquido: 47,7 %
- Índice plástico: 16,2 %
- Densidad seca máxima: 1 507,48 kg/m³ o 94,1 lb/pie³
- Humedad óptima (Hop): 27,75 %
- CBR al 99,3 % de compactación: 2,07 % aproximadamente
- CBR crítico: 1,41 %

2.2.5. Diseño geométrico

El diseño geométrico de una carretera se realiza por medio de las curvas horizontales y los elementos que las conforman, tales como el radio, grado de curvatura, subtangente, principio de curva, punto de intersección, principio de tangencia, cuerda máxima, longitud de curva, longitud de espiral, peralte, sobreechancho y bombeo; y las curvas verticales con los criterios de seguridad, drenaje, apariencia y comodidad.

2.2.5.1. Alineamiento horizontal

Es la proyección del eje de la subcorona del camino sobre un plano horizontal.

2.2.5.2. Curvas horizontales

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría, mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir, en el proceso de diseño y cálculo se deben considerar varios aspectos técnicos. Las curvas horizontales forman parte del alineamiento horizontal de una carretera, son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir 2 tangentes consecutivas, pueden ser simples (solo una curva circular) o compuestas (formadas por 2 o más curvas circulares simples, del mismo sentido o no y diferente radio).

Para el diseño es necesario establecer un radio de curva en función de las deflexiones. Después, se procede al cálculo de las curvas horizontales. Con la ayuda de la tabla de clasificación y características de las carreteras proporcionadas por Caminos (ver tabla XXXI), se determina el tipo de carretera

y el tipo de terreno, obteniendo de esa manera la velocidad de diseño. Las normas geométricas de las carreteras variarán según las características topográficas del terreno que atraviesen. Se considerarán los siguientes tipos de terreno:

- Plano
- Ondulado
- Montañoso

Para el diseño de la carretera pavimentada que conduce hacia el cementerio en la aldea El Tablón, se obtuvo una clasificación de carretera tipo E y una clasificación de terreno montañoso, por lo que se optó por una velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora.

En la tabla de clasificación y características de las carreteras proporcionadas por Caminos (ver tabla XXXI), se encuentran los radios que deben tener las curvas horizontales según el grado de curvatura escogido, además de otros elementos que son: peralte, sobre ancho y longitud de espiral. Se debe tomar en cuenta que la carretera será tipo E, por lo que el radio mínimo utilizado deberá ser de 30 metros

Tabla XXXI. Clasificación y características de las carreteras

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL												
T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)
3000 A 5000	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00						
	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
1500 A 3000	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00						
	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 1500	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00						
	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	11.00	10.00	25.00						
	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	25.00						
	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	15.00						
	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

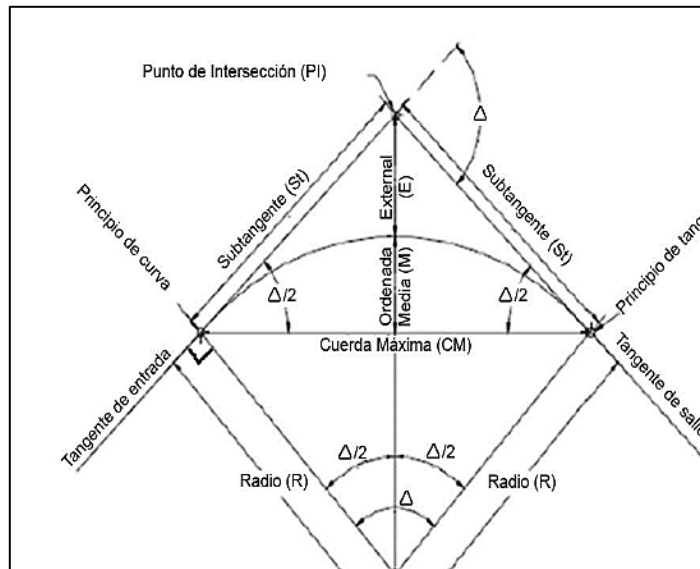
ESTRUCTURAS:	CARGA	H-15-S-12	NOTAS:
	ALTURA LIBRE	4.75 m	1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
	ANCHO RODADURA	7.90 m	2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho.
ESFUERZOS UNITARIOS	CONCRETO CLASE "A"		3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble.
	ACERO DE REFUERZO		4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto asfáltico(caliente o frío) o tratamiento superficial
	ACERO ESTRUCTURAL		Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo "D": Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup. Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto.
	* DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA=		
	LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL		

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.2.5.3. Diseño de curva horizontal

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener el radio, las distancias entre los puntos de intersección (PI) de localización, los deltas (A) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador para encontrar los elementos más importantes que forman los segmentos circulares de una carretera.

Figura 42. **Elementos de la curva circular**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

Ejemplo de diseño de curva 1

- Deflexión (A)

Entre dos azimuts existe un delta o diferencia angular, la forma de calcularlo es restando el azimut 2 del azimut 1 y sirve para escoger el tipo de curvatura que se utilizará. Mientras más grande es el radio se utiliza un grado de curvatura mayor.

$$\text{Azimut 1} = 114^{\circ}51' 48''$$

$$\text{Azimut 2} = 94^{\circ}04' 8,58''$$

$$A = 114^{\circ}51' 48'' - 94^{\circ}04' 8,58''$$

$$A = 20^{\circ}47'39''$$

- Radio (R)

Es la distancia perpendicular al principio de curva (PC), o principio de tangente (PT), hacia el centro. Por ser carretera tipo E, el radio mínimo es de 30 m, así que se diseña con el radio mínimo porque el espacio es reducido y si el terreno lo permite el radio puede proponerse más grande.

$$R = 100 \text{ m}$$

- Grado de curvatura (G)

En Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud. Es decir, que el grado de curva (G) es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

$$G = \frac{1145,9156}{R}$$

$$G = 1145,9156/100 \quad G = 11$$

- Longitud de curva (LC)

Es la distancia medida desde el principio de la curva (PC), al principio de tangente (PT), sobre la curva diseñada.

$$LC = \frac{(20 \times \Delta)}{G}$$

$$Lc = (20 * 20^{\circ}47'39'')/11$$

$$Lc = 36,29 \text{ m}$$

- Subtangente (St)

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), ya que la curva es simétrica la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT) es igual, en curvas circulares simples que forma un ángulo de 90° con el radio.

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$St = R * \tan(20 * 20^{\circ}47'39''/2)$$

$$St = 18,349 \text{ m}$$

- Principio de curva (Pc)

Es la distancia de donde inicia la curva y es la diferencia entre la distancia del punto de intersección y la subtangente.

$$Pc = Pi - St$$

$$Pc = 20 - 9,174$$

$$Pc = 10,83 \text{ m}$$

- External (E)

Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$E = R * \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - R$$

$$E = 100 * \sec(20^{\circ}47'39''/2) - 100$$

$$E = 1,669 \text{ m}$$

- Ordenada media (Om)

Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$Om = R \left[1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right]$$

$$Om = R (1 - \cos (20 \cdot 20^{\circ}47'39''/2))$$

$$Om = 1,642 \text{ m}$$

- Cuerda máxima (Cm)

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva PC al principio de tangencia PT.

$$Cm = 2R \cdot \sin \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

$$Cm = 2 \cdot 100 (\sin (20 \cdot 20^{\circ}47'39''/2))$$

$$Cm = 36,094 \text{ m}$$

2.2.5.4. Curvas de transición

La longitud de espiral, o curva de transición, es la longitud de la curva que va variando de radio según se avanza. Surge debido a la necesidad de interponer un elemento que garantice una continuidad dinámica y geométrica.

Las curvas de transición se intercalan entre las alineaciones rectas y las alineaciones curvas para permitir una transición gradual de curvatura.

En la tabla XXVI, se encuentra la medida de longitud de espiral que debe aplicarse para los distintos grados de curvatura, teniendo en cuenta la velocidad

de diseño. Para un $G=23$ y una velocidad de diseño de 30 km/h corresponde una longitud de espiral (L_s) = 34 metros.

2.2.5.5. Peralte

Es la inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales que sirven para contrarrestar la fuerza centrífuga que tiende a desviar radialmente a los vehículos hacia fuera de su trayecto. Esta inclinación, generalmente irá alrededor del eje de la carretera, ya que de esta forma, los cambios de elevación de los bordes producen menos distorsión, por ende mejor transición.

En la tabla XXXII, se encuentra la medida del peralte que debe aplicarse para los distintos grados de curvatura, teniendo en cuenta la velocidad de diseño. Para un $G=22$ y una velocidad de diseño de 30km/h corresponde un peralte ($e\%$)= 7,5.

Tabla XXXII. Peralte y longitud de espiral recomendados

VELOCIDAD	30		40		50		60		70		80		90		100		110		120														
	RADIO	Δ	RADIO	Δ	RADIO	Δ	RADIO	Δ	RADIO	Δ	RADIO	Δ	RADIO	Δ	RADIO	Δ	RADIO	Δ	RADIO	Δ													
G ⁺	Dh=27	1:25	Dh=30	1:40	Dh=35	1:55	Dh=37	1:70	Dh=40	1:85	Dh=43	1:200	Dh=46	1:215	Dh=50	1:230	Dh=53	1:245	Dh=56	1:260													
1 ⁺	1145/92	BN	17	0'51"	BN	23	1'09"	BN	28	1'24"	14	34	1'42"	19	39	1'57"	25	45	2'15"	31	50	2'30"	38	56	2'48"	47	62	3'06"	55	67	3'21"		
2 ⁺	572/96	BN	17	1'42"	BN	23	2'18"	19	2'48"	28	3'24"	38	39	3'54"	49	45	4'30"	62	51	5'06"	77	64	6'24"	90	79	7'54"	99	94	9'24"				
3 ⁺	381/97	BN	17	2'33"	BN	23	3'27"	29	4'12"	41	54	5'06"	56	40	6'00"	73	53	7'57"	89	59	10'21"	99	83	12'27"									
4 ⁺	286/48	14	17	3'24"	25	4'36"	38	2'8	28	5'36"	55	56	7'00"	747	49	9'48"	91	66	13'00"	1000	77	15'24"											
5 ⁺	228/18	17	17	4'15"	31	23	5'45"	48	2'8	7'00"	68	42	10'30"	87	58	14'30"	99	71	17'45"														
6 ⁺	190/99	21	17	5'06"	37	23	6'54"	58	32	9'36"	79	48	14'24"	96	64	19'12"																	
7 ⁺	163/70	24	17	5'57"	43	24	8'24"	66	37	12'57"	88	54	18'54"	1000	67	23'27"																	
8 ⁺	143/24	28	17	6'48"	49	28	10'00"	74	41	16'24"	94	68	23'12"																				
9 ⁺	127/32	31	17	7'39"	55	28	12'36"	81	45	20'15"	98	60	27'00"																				
10 ⁺	114/59	35	17	8'30"	61	31	15'30"	87	49	24'30"	1000	61	30'30"																				
11 ⁺	104/17	38	17	9'21"	66	33	18'09"	91	51	28'03"																							
12 ⁺	96/49	42	19	11'24"	71	36	21'36"	95	53	31'48"																							
13 ⁺	88/15	45	20	13'00"	76	38	24'42"	98	55	35'45"																							
14 ⁺	81/55	48	22	15'24"	80	40	28'00"	99	56	39'12"																							
15 ⁺	76/39	52	23	17'15"	84	42	31'30"	1000	56	42'00"																							
16 ⁺	71/62	55	25	20'00"	87	44	35'12"																										
17 ⁺	67/41	58	26	22'06"	90	45	38'15"																										
18 ⁺	63/66	61	27	24'18"	93	47	42'18"																										
19 ⁺	60/31	64	29	27'33"	95	48	45'36"																										
20 ⁺	57/30	67	30	30'00"	97	49	49'00"																										
21 ⁺	54/57	70	32	33'36"	98	49	51'27"																										
22 ⁺	52/69	72	32	35'12"	99	50	55'00"																										
23 ⁺	49/82	75	34	39'06"	100	50	57'30"																										
24 ⁺	47/75	78	35	42'00"	100	50	60'00"																										
25 ⁺	45/84	79	36	45'00"																													
26 ⁺	44/07	81	37	48'06"																													
27 ⁺	42/44	83	37	49'57"																													
28 ⁺	40/93	85	38	53'12"																													
29 ⁺	39/51	87	39	56'33"																													
30 ⁺	38/20	89	40	60'00"																													
31 ⁺	36/97	90	41	63'33"																													
32 ⁺	35/81	92	41	66'36"																													
33 ⁺	34/73	93	42	69'18"																													
34 ⁺	33/70	94	42	71'24"																													
35 ⁺	32/74	95	43	73'15"																													
36 ⁺	31/83	96	43	77'24"																													
37 ⁺	30/97	97	44	81'24"																													
38 ⁺	30/16	98	44	83'36"																													

PERALTE RECOMENDADO MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION Y DELTAS MINIMAS

- 1.- EL PERALTE FUE CALCULADO SEGUN EL METODO "4" RECOMENDADO POR LA AASHO
- 2.- EL PERALTE SE REPARARIA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL
- 3.- EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBEO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO
- 4.- EL PASO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO O FINAL DE LA ESPIRAL (TS O ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA SE CALCULA EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON LAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.20 m. Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
- 5.- LAS LONGITUDES DE ESPIRAL CALCULADAS SEGUN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR AASHO.
- 6.- LOS MINIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.
- 7.- VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA

Letiscord

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.2.5.6. Sobreancho

Es el área que se incrementa al ancho normal promedio de la plataforma o corona en una carretera, se recomienda aplicar en el área interna de la curva.

En la tabla XXIII, se encuentra la medida del sobreancho que debe aplicarse para los distintos grados de curvatura, teniendo en cuenta el tipo de carretera, así como la velocidad de diseño.

Para un $G= 23$ y una velocidad de diseño de 30km/h corresponde un sobreancho (S_a)= 1,60 metros.

Si desea conocerse el valor del sobreancho en un punto específico de la curva, simplemente debe realizarse una relación de triángulos semejantes, sabiendo que al inicio de la curva el valor del sobreancho es igual a cero y al término de la longitud de espiral, el valor del sobreancho es el máximo, obtenido de la tabla XXXII, por lo que, multiplicando el valor de la distancia a la cual se requiere conocer la medida por el sobre ancho máximo y dividiéndolo entre la distancia de la longitud de espiral, se obtendrá el sobreancho de cualquier punto requerido.

2.2.5.7. Bombeo

Es la pendiente que se le da al camino para evitar que el agua de lluvia se estanque en la superficie y ocasione problemas de infiltración en las capas de subbase y subrasante. El bombeo sirve para evacuar el agua hacia las cunetas para que no corra longitudinalmente sobre la superficie. El bombeo utilizado en caminos pavimentados varía desde $\frac{1}{2}$ a 3 %, en este proyecto se utilizó un bombeo de 3 %.

Tabla XXXIII. Especificaciones de sobreaancho

ANCHO CALZADA		VALORES DE DISEÑO PARA SOBREAANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS																								
		TÍPICA 'E' 5.50				TÍPICA 'D' 6.50				TÍPICA 'C' 6.50				TÍPICA 'B' 7.20												
VELOCIDADES		30	40	50	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70
GRADO DE CURVATURA																										
1°	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
2°	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
3°	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
4°	0.60	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
5°	0.70	0.70	0.80	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
6°	0.80	0.80	0.90	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
7°	0.80	0.90	1.00	0.60	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
8°	0.90	1.00	1.00	0.60	0.60	0.60	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
9°	0.90	1.00	1.10	0.60	0.60	0.60	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
10°	1.00	1.10	1.20	0.60	0.60	0.60	1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
11°	1.00	1.10	1.20	0.60	0.60	0.60	1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
12°	1.10	1.20	1.30	0.60	0.60	0.60	1.10	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
13°	1.10	1.20	1.30	0.60	0.60	0.60	1.10	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
14°	1.20	1.30	1.40	0.60	0.60	0.60	1.20	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
15°	1.20	1.40	1.50	0.60	0.60	0.60	1.20	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
16°	1.30	1.40	1.50	0.60	0.60	0.60	1.20	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
17°	1.30	1.50	1.50	0.60	0.60	0.60	1.20	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
18°	1.40	1.50	1.50	0.60	0.60	0.60	1.30	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
19°	1.40	1.60	1.60	0.60	0.60	0.60	1.40	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
20°	1.50	1.60	1.60	0.60	0.60	0.60	1.40	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
21°	1.50	1.70	1.70	0.60	0.60	0.60	1.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
22°	1.60	1.70	1.70	0.60	0.60	0.60	1.50	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
23°	1.60	1.80	1.80	0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
24°	1.70	1.80	1.80	0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
25°	1.70			0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
26°	1.80			0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
27°	1.80			0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
28°	1.90			0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
29°	1.90			0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
30°	2.00			0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
31°	2.00			0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
32°	2.10			0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
33°	2.10			0.60	0.60	0.60	1.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
34°	2.20			0.60	0.60	0.60	1.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
35°	2.20			0.60	0.60	0.60	1.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
36°	2.30			0.60	0.60	0.60	1.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
37°	2.30			0.60	0.60	0.60	1.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
38°	2.40			0.60	0.60	0.60	1.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
							Letrad										Letrad									

Fuente: Dirección General de Caminos.

Tabla XXXIV. Resumen de diseño geométrico

Curva	Radio	Grado de Curvatura		Deflexión	Subtangente	Longitud de curva	External	Ordenada media	Cuerda maxima	e %	Ls	Sa
		Decimal	Sexagesimal									
1	100	11	11° 27' 32"	20° 47' 39"	18,348	36,293	1,669	1,642	36,094	3,8	17	1
2	90	13	12° 43' 56"	08° 02' 06"	6,321	12,622	0,222	0,221	12,611	4,5	20	1,1
3	300	4	3° 49' 10"	03° 32' 54"	6,322	18,58	0,144	0,144	18,577	1,4	17	0,6
4	350	3	3° 16' 26"	03° 11' 18"	6,323	19,478	0,136	0,135	19,475	1,4	17	0,6
5	300	4	3° 49' 10"	04° 40' 46"	6,324	24,503	0,25	0,25	24,496	1,4	17	0,6
6	100	11	11° 27' 32"	04° 51' 13"	6,325	8,471	0,09	0,09	8,469	3,8	17	1
7	90	13	12° 43' 56"	14° 41' 42"	6,326	23,083	0,745	0,739	23,02	4,5	20	1,1
8	100	11	11° 27' 32"	30° 43' 53"	6,327	53,637	3,707	3,575	52,996	3,8	17	1
9	200	6	5° 43' 46"	09° 49' 56"	6,328	34,321	0,738	0,736	34,279	2,1	17	0,8
10	100	11	11° 27' 32"	06° 20' 36"	6,329	11,071	0,153	0,153	11,066	3,8	17	1
11	200	6	5° 43' 46"	10° 03' 42"	6,330	35,122	0,773	0,77	35,077	2,1	17	0,8
12	100	11	11° 27' 32"	17° 07' 07"	6,331	29,878	1,126	1,114	29,767	3,8	17	1
13	150	8	7° 38' 21"	18° 26' 37"	6,332	48,285	1,964	1,939	48,077	2,8	17	0,9
14	140	8	8° 11' 6"	08° 56' 13"	6,333	21,837	0,427	0,426	21,815	2,8	17	0,9
15	200	6	5° 43' 46"	03° 16' 00"	6,334	11,404	0,081	0,081	11,402	2,1	17	0,8
16	100	11	11° 27' 32"	24° 44' 26"	6,335	43,181	2,377	2,322	42,846	3,8	17	1
17	70	16	16° 22' 12"	22° 50' 09"	6,336	27,9	1,413	1,385	27,715	5,5	25	1,3
18	200	6	5° 43' 46"	03° 04' 09"	6,337	10,714	0,072	0,072	10,713	2,1	17	0,8
19	200	6	5° 43' 46"	05° 54' 03"	6,338	20,598	0,265	0,265	20,589	2,1	17	0,8
20	200	6	5° 43' 46"	04° 39' 37"	6,339	16,268	0,166	0,165	16,264	2,1	17	0,8
21	100	11	11° 27' 32"	10° 17' 42"	6,340	17,969	0,405	0,403	17,944	3,8	17	1
22	100	11	11° 27' 32"	09° 33' 46"	6,341	16,691	0,349	0,348	16,671	3,8	17	1
23	300	4	3° 49' 10"	07° 35' 22"	6,342	39,739	0,659	0,658	39,709	1,4	17	0,6
24	200	6	5° 43' 46"	10° 00' 11"	6,343	34,918	0,764	0,762	34,874	2,1	17	0,8
25	100	11	11° 27' 32"	11° 19' 01"	6,344	19,752	0,49	0,487	19,72	3,8	17	1
26	60	19	19° 5' 54"	17° 29' 24"	6,345	18,316	0,706	0,698	18,244	6,4	29	1,4
27	60	19	19° 5' 54"	34° 35' 36"	6,346	36,226	2,842	2,713	35,678	6,4	29	1,4
28	100	11	11° 27' 32"	28° 42' 52"	6,347	50,116	3,224	3,123	49,594	3,8	17	1
29	120	10	9° 32' 57"	03° 30' 29"	6,348	7,348	0,056	0,056	7,346	3,5	17	1
30	12	95	95° 29' 34"	98° 14' 42"	6,349	20,576	6,336	4,147	18,147	--	--	--
31	100	11	11° 27' 32"	11° 49' 31"	6,350	20,639	0,535	0,532	20,603	3,8	17	1
32	150	8	7° 38' 21"	05° 21' 06"	6,351	14,011	0,164	0,164	14,006	2,8	17	0,9
33	120	10	9° 32' 57"	19° 32' 37"	6,352	40,933	1,767	1,741	40,734	3,5	17	1
34	100	11	11° 27' 32"	19° 15' 13"	6,353	33,604	1,428	1,408	33,446	3,8	17	1
35	200	6	5° 43' 46"	17° 22' 36"	6,354	60,656	2,322	2,295	60,424	2,1	17	0,8
36	40	29	28° 38' 52"	26° 57' 01"	6,355	18,815	1,132	1,101	18,642	8,7	39	1,9
37	30	38	38° 11' 49"	09° 23' 56"	6,356	4,921	0,101	0,101	4,916	9,8	44	2,4

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.8. Alineamiento vertical

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona en alineamiento vertical.

2.2.5.9. Curvas verticales

Las carreteras no solo están conformadas por curvas horizontales, sino también por curvas verticales, lo anterior significa que se está trabajando en 3 dimensiones. Para su diseño y simplificación de trabajo las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría.

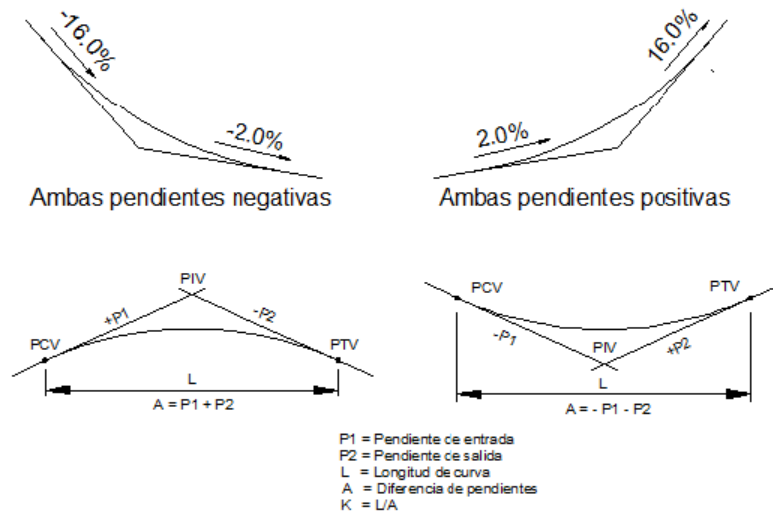
En la parte de altimetría se estudian las curvas verticales, que pueden ser cóncavas o convexas, también existen curvas en ascenso con ambas pendientes positivas (convexas) y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas).

La finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente, estas curvas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en el país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

En el momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de estas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad a los conductores. En diseños de carreteras para áreas rurales

se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño.

Figura 43. Componentes de curva vertical



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 78.

En la tabla XXXV se muestran los diferentes valores de K para visibilidad de parada, según la Dirección General de Caminos:

Tabla XXXV. **Valores para K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de k según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	5	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: VALLADARES, Jorge Feliz. *Guía teórica práctica del curso de vías terrestres* 1. p. 34.

Además, existen 4 criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales, estos son:

- Criterio de seguridad: es la visibilidad de parada, la longitud de curva debe permitir que, a lo largo de ella, la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV = K \cdot A$$

Donde:

Lcv= longitud de curva vertical

K= constante que depende de las velocidades de diseño

A% = diferencia algebraica de pendientes

- Criterio de apariencia: para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30, \quad \Delta = P_s - P_e$$

Donde:

P_s = pendiente de salida

P_e = pendiente de entrada

- Criterio de comodidad: para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

- Criterio de drenaje: para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte, se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

Tabla XXXVI. Resumen de diseño de curvas verticales

	Est elevacion	Pendiente entr	Pendiente Salir	Diferencia Δ	Tipo de curva	K de visibilidad (concava 4, convexa 2)		Lcv de diseño	(LCV/A)	Criterio de comodidad (LCV/A)>= 309/395(2,278481)	Criterio de drenaje (LCV/A) <= 43		LCV por criterio de seguridad Δ*k	k= LCV/A	EST PCV	EST PTV
						CONC	CONV									
0	442,95	4,699				4	2									
36	444,72	4,85	-1,99	6,84	conv	4	2	57,88	8,462	MAYOR	MENOR	13,68	1,24	7	65	
170	442,06	-1,99	0,1	2,08	conc	4	2	88,939	42,76	MAYOR	MENOR	8,32	20,8	125	210	
320	442,2	0,1	1,28	1,19	conc	4	2	94,629	79,52	MAYOR	MAYOR	4,76	66,8	273	367	
470	444,12	1,28	9,9	8,62	conc	4	2	101,705	11,8	MAYOR	MENOR	34,48	1,37	420	521	
576	454,54	9,9	0,72	9,18	conv	4	2	78,89	8,594	MAYOR	MENOR	18,36	0,94	536	615	
677	455,27	0,72	6,39	5,67	conc	4	2	75,89	13,38	MAYOR	MENOR	22,68	2,36	639	715	
001	476	6,39	8,39	2	conc	4	2	150	75	MAYOR	MAYOR	8	37,5	926	1076	
160	489,34	8,39	-6,15	14,54	conv	4	2	79,036	5,436	MAYOR	MENOR	29,08	0,37	1121	1200	
262	483,116	-6,15	8,44	14,59	conc	4	2	56,811	3,894	MAYOR	MENOR	58,36	0,27	1233	1290	
318	487,888	8,44	-3,23	11,67	conv	4	2	45,6	3,907	MAYOR	MENOR	23,34	0,33	1295	1341	
500	482	-3,23	5,94	9,17	conc	4	2	97,76	10,66	MAYOR	MENOR	36,68	1,16	1451	1549	
640	490,31	5,94	9,61	3,68	conc	4	2	75,18	20,43	MAYOR	MENOR	14,72	5,55	1602	1678	

Fuente: elaboración propia.

2.2.6. Movimiento de tierras

En la construcción de carreteras, esta es una de las actividades de mayor importancia, ya que afecta considerablemente en el costo de la misma. Por esto, el movimiento de tierras debe ser lo más económico posible, dentro de los requerimientos que el tipo de camino especifique.

2.2.6.1. Cálculo de áreas transversales

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de la línea de localización, primero se dibujan estas a cada 20 metros, con la sección típica de la carretera tipo E para regiones montañosas. Para esta sección se tienen establecidos los taludes de corte y relleno según su altura.

Se puede utilizar el método gráfico, el cual permite medir las áreas por medio de un planímetro graduado, para la realización de la medida de las secciones que deben estar dibujadas en papel milimetrado.

Otro método utilizado para el cálculo de área es el de determinantes, en el que, con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno, se calcula el área.

Tabla XXXVII. **Cálculo de un área transversal por determinantes**

X	Y
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2
X3	Y3
X4	Y4
X5	Y5
X0	Y0

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Área} = \sum \left[\frac{\sum(X_t \cdot Y_{t+1}) - \sum(Y_t \cdot X_{t+1})}{2} \right]$$

$$a = \sum (X \cdot Y)$$

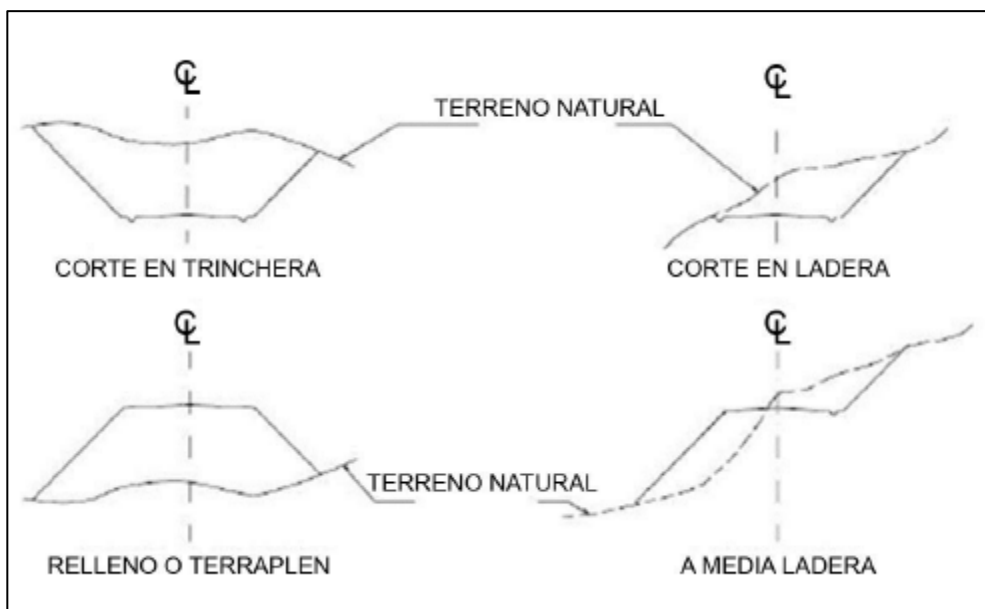
$$b = \sum (Y \cdot X)$$

$$\text{ÁREA} = \frac{|a - b|}{2}$$

2.2.6.2. Cálculo de volúmenes

Este se realiza a partir de secciones transversales, tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central a cada 20 metros. Las secciones transversales pueden ser: corte en trinchera, corte en ladera, en relleno o terraplén y a media ladera.

Figura 44. Tipos de secciones transversales



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 1-24.

Cada una de las áreas calculadas anteriormente constituye un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse.

Los métodos más utilizados para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra, son el método de las áreas medias en

donde el volumen entre 2 secciones consecutivas del mismo tipo, en corte o en relleno, como se describe en la figura 45, está dado por:

$$\text{Vol} = (A_1 + A_2) / 2 * \text{distancia}$$

Donde:

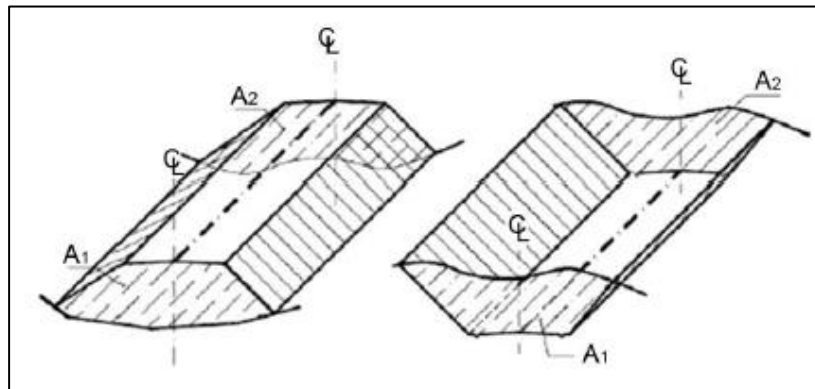
V= volumen entre ambas secciones en metros cúbicos

A1, A2= áreas de secciones consecutivas en metros cuadrados

d= distancia entre secciones en metros

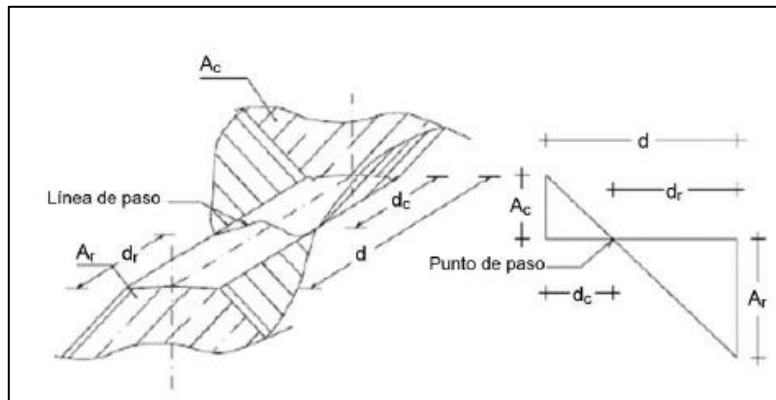
Cuando existen 2 secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una línea de paso, a lo largo de la cual la cota del terreno coincide con la cota de la superficie de subrasante. En este caso, se generará un volumen de corte y uno de relleno entre ambas secciones como se describe en la figura 46.

Figura 45. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 90.

Figura 46. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA, Leonardo. *Elementos de Geometría*. p. 92.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte A_c y el área de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno A_r y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$V_C = \frac{1}{2} * (A_C + A_0) * d_C, \quad V_R = \frac{1}{2} * (A_R + A_0) * d_R$$

$$A_0 = 0$$

Donde:

V_c, V_r = volumen de corte y de relleno en metros cúbicos

A_c, A_r = áreas de las secciones en corte y relleno en metros cuadrados

A_0 = área de la sección en la línea de paso = 0

d_c, d_r = distancias de corte y relleno en metros

Por medio de la relación de triángulos, se determinan los valores de d_c y d_r , de la siguiente manera.

$$d_C = \frac{A_C}{A_C + A_R} * d, \quad d_R = \frac{A_R}{A_R + A_C} * d$$

Para poder observar la tabla de volúmenes y secciones transversales, ver plano 9 de áreas transversales, en el apéndice.

2.2.7. Estructura de pavimento

A continuación se encuentra la estructura de pavimentos.

2.2.7.1. Pavimento rígido

Los pavimentos rígidos son aquellos cuya superficie de rodadura es de concreto hidráulico de cemento Portland y generalmente están asentadas sobre una capa de material de subbase (CBR > 40 %) y está a su vez sobre la subrasante nivelada y compactada.

Para el diseño de pavimentos rígidos en carreteras, el proyectista recurrirá al manual de la American Association of State Highway and Transportation Officials- AASHTO (Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte) o similares.

Existen varios tipos de pavimentos rígidos, que pueden dividirse en pavimentos de concreto simple y pavimentos de concreto continuamente reforzados con barras de acero.

Los pavimentos de concreto simple a la vez pueden ser de dos tipos:

- Pavimento de concreto simple con juntas sin barras de transferencia.

- Pavimento de concreto simple con juntas con barras de transferencia, ambos con losas de 3 a 6 metros.

2.2.7.2. Componentes estructurales

Los pavimentos están constituidos por diferentes componentes, como capa de rodadura, base, subrasante y bombeo.

2.2.7.3. Capa de rodadura

Superficie de rodamiento constituida por materiales endurecidos para pasar minimizados los esfuerzos hacia las terracerías. Pueden ser materiales granulares con o sin liga, o más comúnmente de concreto asfáltico o hidráulico, en sus diferentes variantes. Constituye el área propiamente dicha por donde circulan los vehículos y peatones, en este diseño la capa de rodadura será de concreto.

2.2.7.4. Base

Es la capa de material selecto conformado de grava de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno y libre de materia vegetal, basura o terrones de arcilla, que se coloca encima de la subbase. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta y drenar el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento hacia las cunetas; deberá de transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura y debido a que está en contacto directo con la superficie de rodadura, tendrá que ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión, producidas por el tránsito. Deberá poseer un valor soporte CBR de 70 % en compactación al 95 %.

2.2.7.5. Subbase

Es la primera capa de la estructura destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento. Está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. Deberá estar libre de vegetales, basura, terrones de arcilla, o cualquier otro material que pueda causar fallas en el pavimento. Sus funciones son eliminar la acción del bombeo, aumentar el valor soporte y hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la subrasante.

La subbase está compuesta por suelos granulares en estado natural o mezclados, los cuales deberán llenar los siguientes requisitos:

- Valor soporte: debe tener un CBR mínimo de 40 % según el libro de la Dirección General de Caminos, efectuando sobre muestra saturada a 95 por ciento de compactación (AASHTO T-180).
- Granulometría: el tamaño máximo de las piedras del material que se utilice para subbase no debe ser mayor de 7 centímetros y no tener más del 50 % en peso, partículas que pasen el tamiz núm. 200.
- Plasticidad y cohesión: el material que pase por el tamiz núm. 40, no deberá tener un índice de plasticidad mayor de 6 % (AASHTO T-90), ni un límite líquido mayor que 25 % (AASHTO T-89).

2.2.7.6. Subrasante

Los materiales que se utilicen como capa subrasante deberán ser de preferencia, del tipo: GW, GW, SW, SM, ML, siempre que la porción fina, o sea la arcilla, no sea de alta plasticidad. Este material deberá ser compactado del 95 al 100 % de la prueba de compactación AASHTO T-99 o estándar. Cuando los materiales sean del tipo CI, MH, CH, CIML y cuando su límite líquido, LL, esté comprendido entre 50 y 100 %, se analizará la posibilidad de mejorarlos, con la finalidad de reducir los valores del LL y, en consecuencia, del IP. Cuando el terreno de apoyo sea del tipo MH, CH YOH con LL = 100 %, serán desechados como material de apoyo.

Para ello se recomienda una sustitución del material en espesores mínimos de 30 cm. En todos los casos en que se encuentren bolsas de material con alto contenido de materia orgánica se deberá proceder a su sustitución total con material limoso mezclado con arena o grava. Cuando en el corte de suelos naturales afloren fragmentos de roca, estos no serán admitidos como lecho de apoyo. De ser así, se deberá proceder a la remoción de estos fragmentos endurecidos.

Tabla XXXVIII. **Calidad de subrasante en función del CBR**

C.B.R (%)	Calidad de Subrasante
0 – 3	Muy mala
3 – 5	Mala
5 – 20	Buena
20 – 30	Excelente

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 191.

El CBR obtenido por el ensayo de laboratorio de la subrasante fue de 2,07 % , por lo que se recomienda estabilizarlo con un suelo tipo (SW) en el cual incluye arena, arena suelta, arena densa, arena limosa, que cumpla con ángulo de fricción de 29 a 38, para disminuir el tamaño de la subbase.

2.2.8. Diseño de pavimento por método de PCA simplificado

El diseño del espesor de pavimentos rígido por no contar con datos de aforo vehicular, se realiza por el método simplificado elaborado por la Portland Cement Association (PCA).

2.2.8.1. Periodo de diseño

El período de diseño utilizado en la pavimentación de la carretera que dirige hacia el cementerio en la aldea El Tablón, será de 20 años, por considerar que aproximadamente la vida útil de los materiales empleados es de 20 años.

2.2.8.2. Conteo de tránsito (TPDA)

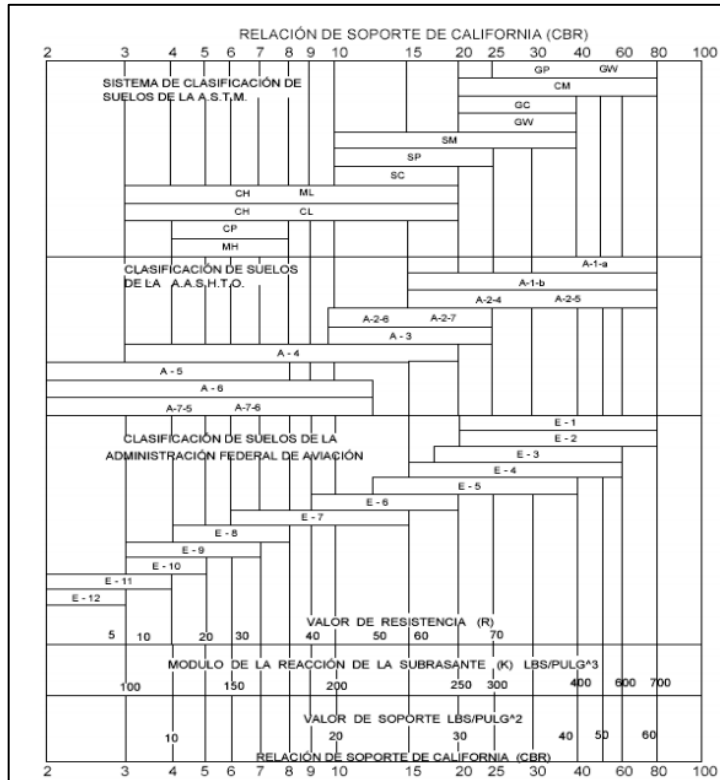
Se estimo el TPDA asumiendo que el 40 % de hogares cuenta con vehículo, por tanto para 200 viviendas, se estima 80 vehículos que transitarán por lo menos 2 veces al día. Se utilizará un factor de crecimiento de 1,3, según la tasa de crecimiento del 3 % y periodo de 20 años. El total de vehículos será $160 * 1,3 = 208$ vehículos.

2.2.8.3. Diseño de la base

Es la capa de material selecto conformado de grava de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno y libre de materia vegetal, basura o terrones de arcilla, que se coloca encima de la subbase. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta y drenar el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento hacia las cunetas. Deberá transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura y debido a que está en contacto directo con la superficie de rodadura, tendrá que ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión, producidas por el tránsito. Debe tener un valor soporte CBR, mínimo de 70 %, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación (AASHTO T-180).

Con la figura 47 se pretende calcular el módulo de reacción (K) de la subrasante y con forme a este determinar el espesor de la capa de la base según el valor K.

Figura 47. **Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos**



Fuente: LONDOÑO, Cipriano. *Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto*. p. 78.

Tabla XXXIX. **Espesor de capa base**

Valor del espesor de la base				
	4 plg	6 plg	9 plg	12 plg
Subrasante valores de K	Subbase valores de K PSI			
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: elaboración propia.

Como la subrasante tiene un CBR de 2,07 %, esto implica que el valor k para la subrasante según figura 47 es de aproximadamente 50 lbs/pulg³, al sumar una base de 12 plg = 30 cm el modulo K aumenta a 110 lbs/pulg³ según la tabla XXXIX.

2.2.8.4. Diseño de espesor del pavimento

- Método simplificado

Este método es utilizado cuando no se cuenta con algún aforo vehicular, para este método la PCA proporciona tablas con rangos de tránsito, así como tablas con distribución de cargas para distintas categorías de calles y carreteras diseñadas con un factor de seguridad de carga de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4 respectivamente. El periodo de diseño considerado es de 20 años.

El método consiste en los siguientes pasos:

- Clasificar la vía a pavimentar según su tráfico en función de las cargas por eje y determinar el TPPD.
- Determinar el módulo de reacción k de la subrasante para determinar la condición de apoyo y espesor de base.
- Determinar el espesor de la losa de concreto con ayuda de los datos anteriores y el uso de la tabla correspondiente a la categoría de la carretera.

Procedimiento:

- Clasificación de la vía y determinación del TPPD:

Dado que el tramo carretero se encuentra en zona rural y es un camino con un tránsito pesado de bajo a medio, su clasificación fue categoría 1 según la siguiente tabla.

Tabla XL. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Categoría de ejes	Descripción	TPDA	TPPD		Carga máxima / eje	
			%	Por día	Eje sencillo	Eje doble
1	Calles residenciales, caminos rurales y secundarios (de bajo a medio*)	200 – 800	1 – 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, caminos rurales y secundarios (altos*), Arterias principales	700 -5,000	5 – 18	40 - 1,000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio*), viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas (de bajo a medio*)	3,000 - 12,000 en 2 carriles, 3,000 - 50,000 en 4 carriles	8 – 30	500 - 1,000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*), Carreteras y vías urbanas y rurales (medios a alto*)	3,000 - 20,000 en 2 carriles, 3,000 - 150,000	8 – 30	1,500 - 8,000	34	60

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 148.

Tomando como estimación un TPDA de 208, se procedió a obtener el TPPD con la ayuda de la tabla XL, el TPPD está dado como un porcentaje del TPDA para este proyecto se tomó un porcentaje de 3 % de 208 según la tabla:

$TPPD = 208 * 3/100 = 6$ es el número de camiones que pasan en el día

- Determinación del módulo de reacción k de subrasante y espesor de base

El módulo de reacción de la subrasante k es la relación entre el esfuerzo aplicado a una placa de suelo y la deformación que dicha placa sufra por efecto del esfuerzo. Este módulo puede ser determinado por un ensayo en sitio pero dadas las condiciones se logró determinar este módulo de reacción por medio de la figura 47 vista anteriormente, que está en función del CBR y es igual a $3,05 \text{ kg/cm}^3$.

Una vez conocido el módulo de reacción k, se procedió a encontrar la condición de apoyo de la subrasante con la ayuda de la siguiente tabla.

Tabla XLI. **Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados**

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción kg/cm ³
Limos y arcillas plásticas	Bajo	2,0 – 3,35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	3,6 – 4,7
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	5,0 – 6,0
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy alto	6,9 – 11,0

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos*. p. 89.

Con el módulo de reacción aproximado de 3,05 kg/cm³, la condición de apoyo de la subrasante según la tabla XLI es muy bajo. Debido a esto se decidió utilizar una capa subbase, con el espesor de 30 cm, con una compactación de al menos 95 %, la cual dio un apoyo bastante alto, por lo que el apoyo del pavimento estará bien.

Para este proyecto se estimó un módulo de ruptura del concreto mínimo de 42 kg/cm² debido a que si se utilizan agregados, cemento y agua de buena calidad para el concreto, se estima que el módulo de ruptura se encuentre en el rango de 42 - 46 kg/cm² y un F'c= 280 kg/cm²

- Determinación del espesor de la losa de concreto

Dado que el tramo carretero corresponde a la categoría de carga por eje núm. 1, la tabla que le corresponde para determinar el espesor de la losa de concreto según el método de la PCA simplificado es la tabla XLII, que presenta los valores de TPPD permisibles para esta categoría de vía.

Para determinar el espesor de la losa se excluyó la cuneta, porque esta no se construye monolíticamente con la losa, por lo tanto se utilizaron los datos del lado izquierdo de la tabla XLII.

La condición de apoyo del terreno es bajo según la tabla XLI anteriormente vista se procedió a ubicarse en la columna que corresponde a la condición de apoyo del terreno “alto” ubicada del lado izquierdo de la tabla XLII, luego se procedió a ubicarse en la parte que corresponde a un $M_r = 42 \text{ kg/cm}^2$, el cual fue el módulo de ruptura asumido para el concreto de este pavimento, y se busca la fila donde se encuentre el valor que se aproxime al número de TPPD.

Tabla XLII. **TPPD permisible, categoría de carga por eje núm. 1, pavimento con junta de trabazón de agregado**

Sin acotamiento ni guarnición					Acotamiento o guarnición			
Espesor de losa (cm)		Apoyo del terreno natural o de sub-base			Espesor de losa (cm)	Apoyo del terreno natural o de sub-base		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
Mr = 46 Kg/cm ²					10,0		0,2	0,9
	11,5			0,1	11,5	2	8	25
	12,5	0,1	0,8	3	12,5	30	130	330
	14,0	3	15	45	14,5	320		
	15,0	40	160	430				
	16,5	330						
Mr = 42 Kg/cm ²	12,5		0,1	0,4	10,0			0,1
	14,0	0,5	3	9	11,5	0,2	1	5
	15,0	8	36	98	12,5	6	27	75
	16,5	76	300	760	14,5	73	290	730
	17,8	520			15,0	610		
Mr = 39 Kg/cm ²	14,0	0,1	0,3	1	11,5		0,2	0,6
	15,0	1	6	18	12,5	0,8	4	13
	16,5	13	60	160	14,0	13	57	150
	17,8	110	400		15,0	130	480	
	19,0	620						

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos*.

p. 87.

Observando así que el espesor de losa que resistirá el TPPD de 6 estimado para este proyecto corresponde a 15 cm el cual tiene un TPPD permisible de 8 según la tabla XLII.

2.2.8.5. Diseño de mezcla del concreto

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezcla, es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí:

- Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- Determinación de sus cantidades relativas o proporcionamiento, para producir concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular, los cuales, a su vez, dependerán de la aplicación particular del concreto. También podrían ser considerados otros criterios, tales como minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales.

- Información requerida para el diseño de mezclas
 - Análisis granulométrico de los agregados.
 - Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
 - Peso específico de los agregados (fino y grueso).
 - Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
 - Perfil y textura de los agregados.
 - Tipo y marca del cemento.
 - Peso específico del cemento.
 - Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

- Pasos para el proporcionamiento

Se resume la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.
 - Elección de la resistencia promedio.
 - Elección del asentamiento (*slump*)
 - Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
 - Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
 - Selección de la relación agua/cemento (a/c).
 - Cálculo del contenido de cemento.
 - Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
 - Ajustes por humedad y absorción.
 - Cálculo de proporciones en peso.
 - Cálculo de proporciones en volumen.
- Se determina el tipo de asentamiento según la estructura

Tabla XLIII. **Asentamiento según estructura**

TIPO DE ESTRUCTURA	ASENTAMIENTO
Cimientos, muros reforzados y vigas	12 cm.
Paredes reforzadas y columnas	10 cm.
Pavimentos y losas	8 cm.
Concreto masivo	5 cm.

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Primer semestre 2008.

Según la tabla, para pavimentos se utiliza un asentamiento de 8 cm.

Se necesita un concreto de un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, con un agregado de 1".

Tabla XLIV. **Relación agua - asentamiento**

Asentamientos En centímetros	Cantidad de agua lt/metro cúbico				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Primer semestre 2008.

- Con los datos de asentamiento y tamaño de agregado, se obtiene la cantidad de agua, que es 195 lt/m^3 .
- Se procede a buscar en la tabla siguiente la relación A/C para una resistencia de 280 kg/cm^2 y así hallar la cantidad de cemento.

Tabla XLV. **Relación agua- cemento**

Resistencia	Relación
Kg/cm^2	A/C
246	0,47
210	0,50
176	0,54

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Primer semestre 2008.

De la tabla XLV se determina la relación $A/C = 0,45$ para encontrar la cantidad de materiales.

Cantidad de cemento = agua/0,45

Cemento = 195 / 0,45

Cemento = 433,33 Kg/m³

- Determinando el peso de los agregados
Peso de concreto es de 2 400 kg/m³
Peso de agregados = peso de concreto – (peso de agua + peso de cemento)
Peso de agregados = 2 400 – (433,33 + 195)
Peso de agregados = 1771,67
- Con la tabla de porcentajes de agregados, se obtiene el porcentaje de arena, para el agregado grueso de 1”.

Tabla XLVI. **Porcentaje de agregado fino**

Tamaño máximo agregado grueso	Porcentaje de arena sobre agregado total
3/8”	48
1/2”	46
3/4”	44
1”	42
1 ½”	40

Fuente: material de apoyo del curso de Materiales de Construcción. Primer semestre 2008.

Porcentaje de arena total = 42 % del agregado total

Entonces:

Arena = 1 771,67 * 42 % = 744,10

$$\text{Piedrín} = 1\,771,67 - 744,10 = 1\,027,57$$

Resumen de datos obtenidos:

$$\text{Agua} = 195 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Cemento} = 433,33 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Arena} = 744,10 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Piedrín} = 1\,027,57 \text{ kg/m}^3$$

- Calculando la proporción:
Cemento: $433,33/433,33 = 1$
Arena: $744,10/433,33 = 1,72$
Piedrín: $1\,027,57/433,3 = 2,37$

Proporción del concreto por peso será: 1:1,7:2,4

$$\text{Cemento} = 433,33 \text{ kg/m}^3 \cdot 1 \text{ m}^3 = 433,33 \text{ kg} / 42,5 \text{ kg/saco} = 10 \text{ sacos de } 1 \text{ ft}^3$$

$$\text{Arena} = 744,10 \text{ kg/m}^3 \cdot 1 \text{ m}^3 = 744,10 \text{ kg} / 1\,400 \text{ kg/m}^3 = 0,53 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín} = 1\,027,57 \text{ kg/m}^3 \cdot 1 \text{ m}^3 = 1\,027,57 \text{ kg} / 1\,600 \text{ kg/m}^3 = 0,64 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 0,028 \text{ m}^3 \cdot 10 = 0,27 \text{ m}^3 \text{ relación: } 0,27/0,27 - 0,53/0,27 - 0,64/0,27$$

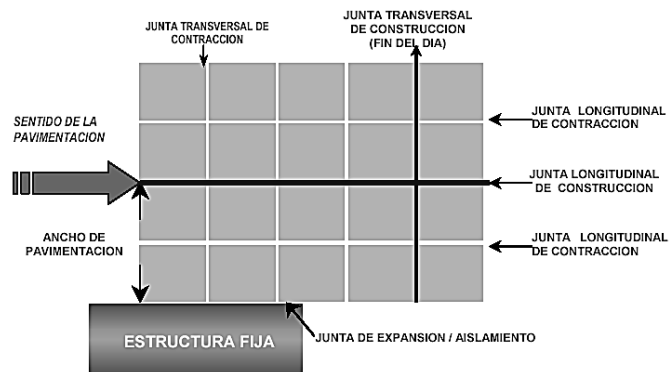
Proporción del concreto por volumen para 1 m^3 será: 1:2,11:2,48

2.2.8.6. Tipos de juntas

Debido a que el pavimento presenta esfuerzos causados por la acción del tránsito, contracciones por cambios de temperatura y por distintos niveles de humedad, las juntas tienen como principal objetivo el control y disipación de

dichos esfuerzo, impidiendo así la formación de grietas en las losas de concreto del pavimento.

Figura 48. Esquema de juntas en un pavimento



Fuente: Cemex.

Los tipos de juntas más utilizados son:

- Juntas transversales de contracción

Este tipo de juntas son construidas transversalmente al eje central de la carretera y a la vez espaciadas para controlar los agrietamientos causados por las contracciones que resultan de los cambios de temperatura y humedad en el pavimento. El espaciamiento de las juntas transversales de contracción puede ser determinado según la siguiente ecuación práctica.

$$S=F*D$$

Donde:

S= espaciamiento entre juntas transversales de contracción en metros.

F= factor de fricción entre la subbase y la losa de concreto. Este factor puede tomarse en un rango de (21-24) según la *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*, escrita por Aurelio Salazar.

D= espesor de la losa de concreto en metros.

El factor de fricción es inversamente proporcional a la fricción entre la subbase y la losa de concreto.

La separación entre juntas transversales no debe ser mayor de 5 metros. Estas juntas son formadas por medio de discos de diamante, es necesario contar con buena mano de obra para permitir una superficie suave.

Se deben formar cuando el concreto tiene cierto grado de endurecimiento. El corte debe ser como mínimo de 1/3 del espesor de la losa (D/3) y su ancho debe ser como mínimo de 3 milímetros.

La formación de estas juntas debe realizarse dentro de un período considerable que evite el desmoronamiento del concreto en la cara de las juntas, si este período es muy corto, se produce desmoronamiento en la cara de la junta y si el período es muy largo, puede producir agrietamientos en la losa. Este período está en función de las condiciones ambientales del lugar como temperatura, humedad, viento y la luz directa del sol, en el medio se puede considerar un período de 6-8 horas como óptimo.

Para este proyecto el espaciamiento de juntas transversales será:

$S = 23 * 0,15 = 3,45$ metros, por lo tanto el espaciamiento de juntas transversales será de 3,5 metros

Con una profundidad de $1/3 * 0,15m = 0,05m = 5cm$

- Juntas transversales de construcción

Este tipo de juntas son las colocadas al final de un día de pavimentación o en el momento en que los trabajos de pavimentación son interrumpidos o paralizados por algún hecho, en particular en un período considerable.

- Juntas longitudinales

Este tipo de juntas son paralelas al eje longitudinal del pavimento y son las que determinan el ancho de los carriles, las juntas longitudinales son utilizadas para evitar los agrietamientos longitudinales causados por los efectos de las cargas del tránsito y el alabeo de las losas, siendo el alabeo un pandeo de la losa causado por los cambios de temperatura y humedad.

La formación de esta junta debe realizarse haciendo una ranura de un cuarto del espesor de la losa como mínimo ($D/4$). La separación máxima de estas juntas es de 3,8 metros.

Para este proyecto se tiene en promedio un ancho de calzada de 5,50 metros, las juntas longitudinales serán colocadas al centro de la carretera, por lo cual dichas juntas quedarán a una separación de 2,75 metros y una ranura de 0,04 m de profundidad. La relación entre largo y ancho de los tableros debe ser $0,71 < x / y < 1,40$

$$3,5/2,75 = 1,27$$

- Juntas de aislamiento y expansión

Este tipo de juntas es utilizado para evitar desplazamientos verticales y horizontales entre el pavimento y otra estructura, sin que el pavimento sea dañado o la estructura.

- Juntas de aislamiento

La función principal de este tipo de junta es aislar al pavimento de una estructura, otra área ya pavimentada o algún otro objeto inamovible para disminuir los esfuerzos de compresión entre el pavimento y la otra estructura. El ancho de estas juntas debe ser de 12-25 milímetros. Dicha abertura debe ser rellena con un material no absorbente ni reactivo

2.2.9. Estructura final del pavimento

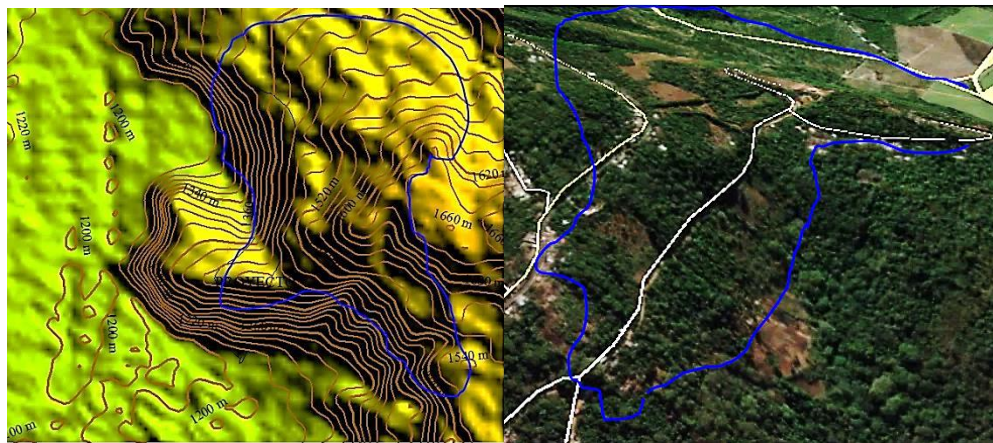
Diseño para 20 años.

- No se tiene aforo de circulación de vehículos en el sector por lo que se calculó a través del método PCA, por medio de unas tablas, y se estimó el TPDA con forme a una suposición de vehículos del lugar.
- Según el tipo de suelo, de la tabla XXXVIII se puede concluir que es un suelo con soporte muy malo.
- Se propone una base de 30cm.
- Tomando un concreto de resistencia = 280 kg/cm^2 , el espesor de losa con cuneta en ambos lados es de 15 cm.
- Juntas transversales a cada 3,5 m.
- Juntas longitudinales de 2,75 m.

2.2.10. Diseño y localización de drenajes

Se realizará el diseño de los drenajes transversales y longitudinales, así como la ubicación de estos para evitar inundaciones o falta de desfogue de efluentes que la cuenca descargue sobre esta área de influencia que se vea afectada la carretera.

Figura 49. Mapa de la cuenca



Fuente: Google Earth con Google Mapper, 2015.

2.2.10.1. Drenajes transversales y longitudinales

- Drenaje transversal

El objetivo principal de este elemento de la carretera es evitar que el agua de lluvia proveniente del área que genera el caudal que desfoga hacia la parte baja de la cuenca en el sentido perpendicular a la carretera no pase por la estructura de la misma. Para este proyecto se utilizó el método racional para determinar el caudal de lluvia destinado a drenar, se tomó como tramo el que

deberá soportar el drenaje transversal número 2 ubicado en la estación 0+725 ya que luego de determinar todas las áreas este tramo es aquel con mayor área, siendo esta 10 hectáreas.

Datos:

Área a drenar: 10 Ha

Longitud de cauce: 0,5 km

Pendiente: 6,0% (promedio)

Coefficiente de escorrentía: 0,52

Elevación entre cauce: 8 m

Factor de rugosidad: 0,013

El valor del coeficiente de escorrentía se tomó de la tabla XLVII, se consideró el área del proyecto como una tierra cultivada en área montañosa con textura de suelo tierra franca arenosa, por lo que el coeficiente de escorrentía adecuado para el área era de 0,52.

Tabla XLVII. **Valores de escorrentía**

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
Bosques			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
Tierras cultivadas			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
Zonas urbanas	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

Fuente: *National Engineering Handbook*. p. 89.

Primero se procedió a encontrar el tiempo de concentración de la cuenca, por medio de la siguiente ecuación:

$$t = \left(\frac{(0,886 * L^3)}{H} \right)^{0,385} * 60$$

$$t = ((0,886*0,5^3)/(8)*0,385)*60 = 12,05 \text{ min}$$

Luego se procedió a encontrar la intensidad de lluvia para el área de Amatitlán. Se utilizó la ecuación de intensidad de lluvia de la estación meteorológica Insivumeh ya que es la más cercana.

Tabla XLVIII. **Tiempos de concentración**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	2 838 / t+18	3 706 / t+22	4204 / t+23	4 604/ t+24
Bananera Izabel	5 771,5 / t+48,98	7 103,95 / t+53,80	7 961,65 / t+56,63	8 667,77 / t+58,43
Labor Ovalle, Quetzaltenango	977,7 / t+3,80	1 128,5 / t+3,24	1 323,5 / t+3,48	-
El Pto Chicolá, Suchitepequez	11 033,6 / t+101,10	11 618,7 / t+92,19	13 455,2 / t+104,14	-
La Fragua	3 700,5 / t+50,69	3 990,5 / t+41,75	4 049,0 / t+37,14	-

Fuente: Insivumeh.

De la tabla XLVIII, el territorio más cercano es la ciudad de Guatemala y el tiempo de concentración se toma para 20 años.

$$I = 4\ 604 / t + 24$$

$$I = 4\ 064 / 12,05 + 24 = 112,73$$

Donde:

t = tiempo de concentración en minutos

Luego se procedió a encontrar el caudal a drenar, con la ecuación del método racional.

$$Q = CIA/360$$

$$Q = 0,52 * 112,73 * 10 / 360 = 1,63 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego, se calculó el diámetro hidráulico con el caudal anteriormente encontrado, mediante la ecuación de Manning.

$$D = \left(\frac{(Q * n * 4^{5/3})}{(S^{1/2} * \Pi)} \right)^{3/8}$$

Donde:

N= coeficiente de rugosidad del material

(Riblock = 0,013)

$$D = ((1,63 * 0,013 * 4^{5/3}) / (6,54^{1/2} * 3,1416))^{3/8} = 0,37 \text{ m}$$

Posteriormente, se calculó el área hidráulica que corresponde al diámetro hidráulico y caudal anteriormente encontrado.

$$A = 3,1416 * D^2 / 4$$

$$A = 3,1416 * 0,37^2 / 4 = 0,11 \text{ m}^2$$

Por cuestiones de diseño, se utilizará un diámetro de 30 pulgadas con tubo de concreto, ya que es el mínimo usado para drenaje transversal de carretera, el cual tiene un área de 0,45 metros cuadrados, mismo que cubre nuestra área requerida.

- Drenaje longitudinal

Se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

- Cunetas

Son los canales abiertos situados a ambos lados de la línea central de la carretera, recubiertos de piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple prefundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes.

$$V = \frac{1}{n} (R)^{2/3} (S)^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad media en metros por segundo

N = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros

S = pendiente del canal en porcentaje

Para el diseño de la cuneta, se tomó el tramo con la pendiente crítica que corresponde al tramo que drenará el drenaje transversal número 1 ubicado en la estación 0+245 con una pendiente en su diseño de 1,28 %. El área a drenar es de 4 hectáreas, la diferencia de altura es igual a 3 metros y una longitud de 0,300 km. Utilizando las ecuaciones anteriores para estos nuevos datos, el caudal resultante es de 0,74 metros cúbicos por segundo.

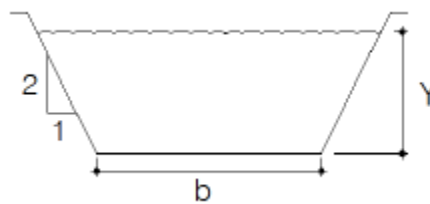
Datos:

$$S = 1,28 \%$$

$$Q = 0,74 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pendiente talud 1:2

Figura 50. **Predimensionamiento de la cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Determinación del área hidráulica

$$A = 2 * \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{1}{2} Y * Y\right) + bY = \frac{1}{2} Y^2 + bY$$

Determinación del perímetro mojado

$$P = 2 * \sqrt{\left(\frac{1}{2} Y\right)^2 + Y^2} + b = 2,236Y + b$$

Se iguala el radio hidráulico a $Y/2$

$$\left(\frac{1}{2}Y^2 + bY\right) / (2,236Y + b) = Y/2$$

$$2\left(\frac{1}{2}Y^2 + bY\right) = Y(2,236Y + b)$$

$$b = 1,236Y$$

Se despeja para el área

$$A = \frac{1}{2}Y^2 + bY = \frac{1}{2}Y^2 + (1,236Y) * Y = 1,736Y^2$$

Utilizando la ecuación de Manning, se despejará el valor de Y necesario para el caudal a drenar.

$$Q = A * \frac{1}{n} (R)^{2/3} (S)^{1/2}$$

Utilizando n = 0,016 (concreto revestido)

Q = caudal en m³/s

A = área de la sección transversal del flujo en m²

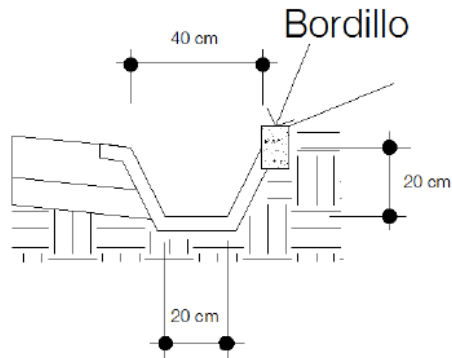
$$0,74 = (1/0,016) * 1,736Y^2 * (Y/2)^{2/3} * (0,0128)^{1/2}$$

$$0,06 = 1,736 (Y)^{4/3}$$

$$Y = 0,12 \text{ m}$$

$$b = (1,236 * 0,12) = 0,15\text{m}$$

Figura 51. **Detalle de cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.2.11. Evaluación de impacto ambiental

La siguiente tabla muestra la evaluación de impacto ambiental para el proyecto de pavimentación de la aldea El Tablón que conduce hacia el cementerio, para este método la asignación de valores es subjetiva.

Tabla XLIX. Matriz de Leopold de impacto ambiental para pavimento

			ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS										
			Modificación del regimen			Transformación del territorio			Operación y mantenimiento				
			Alteración cubierta y terrestre	Ruido y vibraciones	Contaminación de humo	Superficie de pavimento	Drenaje pluvial	Desmonte y rellenos	Arbustos y plantas	Impacto en ambiente	Importancia de impacto		
FACTORES AMBIENTALES	Físico químico	Tierra	Suelos	-1	-3	0	5	3	1	1	6		
				5	3	3	5	1	5	5		27	
			Agua	Calidad	0	0	0	0	3	0	0	3	
					5	0	5	0	5	0	0		15
			Atmosfera	Calidad	-3	-2	0	5	4	-1	-1		
		5			5	5	1	3	2	3			
			Inundaciones	0	0	0	4	5	0	0	11		
				0	0	0	1	3	2	2		32	
		Condiciones biológicas	Procesos	Compactación	5	0	0	5	3	1	0	14	
	5				2	0	5	3	3	2		20	
		Flora	Arboles	Cosecha	-2	0	-2	0	2	0	-2		
	5				2	3	1	0	2	5			
	-3				0	0	5	4	0	-2	4		
					5	0	3	2	0	2		14	
		Fauna	Macro fauna		0	-4	-2	0	0	0	-3	-9	
	5				3	3	3	1	3	5		23	
		Factores culturales	Uso del territorio	Agrícola	-1	0	-1	4	4	0	-1		
	5				3	5	2	3	3	5			
	3				-3	-1	5	4	-1	-1	11		
			Zona residencial		4	4	4	5	5	3	5		56
		Nivel cultural	Culturas o forma de vida	Salud y seguridad	-3	-3	-1	5	5	0	0		
	5				5	5	5	4	2	3			
	-1				-1	-1	3	3	0	0			
	4				4	4	4	5	2	3			
			Empleo		3	-1	0	5	3	0	0	16	
					3	3	3	3	3	3		76	
		Servicio e infraestructura	Red de transporte	Servicios	0	0	0	5	3	0	0		
5	3				3	5	5	3	3				
2	1				0	5	5	0	0	21			
				3	3	4	4	4	2	3		50	
	Impacto de la acción			-1	-16	-8	56	51	0	-9			
	Importancia de la acción			64	40	50	46	45	37	49			

Fuente: Dirección General de Caminos.

Como se observa en la tabla XLIX, el impacto ambiental será positivo para la población, salvo en el factor de flora y fauna, los cuales presentan valores negativos. Sin embargo, como ya se encuentra una carretera existente, podrían disminuirse estos valores, aunque por los ruidos y vibraciones podría afectar de cierta manera.

2.3. Presupuesto de la carretera pavimentada que conduce hacia el cementerio, El Tablón, Villa Canales

Se refiere a los trabajos necesarios para la ejecución el proyecto, tomando en cuenta la cantidad de trabajo a realizar y el costo.

Tabla L. Presupuesto de la carretera pavimentada que conduce hacia el cementerio, El Tablón, Villa Canales

Presupuesto de la carretera paviementada					
stitucion:	Universidad de San Carlos de Guatemala				
acultad:	Ingeniería				
ugar:	Villa Canales, Guatemala				
laborado por:	Jeffrey Estuardo Argueta Gavez				
Renglon	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U (Q)	SUB TOTAL (Q)
1	Replanteo topografico	km	1,73	Q 2 450,42	Q 4 234,33
2	Excavacion no clasificada	m ³	360,00	Q 119,37	Q 42 972,93
3	Excavacion no clasificada de desperdicio	m ³	1 090	Q 60,86	Q 66 335,22
4	Tratamiento de la subrasante	m ²	9 504,00	Q 35,84	Q 340 647,12
5	Base granular e= 0,30m	m ³	2 851,20	Q 212,56	Q 606 043,94
6	Pavimento rigido e= 0,15m	m ³	1 419,00	Q 2 136,32	Q 3 031 439,50
7	Drenaje				
7.1	Excavacion para drenaje	m ³	38,40	Q 146,35	Q 5 619,84
7.2	Concreto ciclopeo, cajas.	m ³	12,50	Q 2 250,65	Q 28 133,13
7.3	Tuberia de concreto 30"	mL	30,00	Q 986,40	Q 29 592,00
7.4	Cunetas revestidas	mL	3 476,00	Q 75,65	Q 262 959,40
8	Bordillo	mL	3 476,00	Q 54,20	Q 188 399,20
TOTAL					4 606 376,60

Fuente: elaboración propia.

2.4. Cronograma físico-financiero

Se refiere a organizar consecutivamente cada una de las actividades que se realizarán para el proceso de construcción.

Tabla LI. Cronograma de actividades

No.	Renglon	Tiempo de ejecucion					%	Costo	
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5			
1	Replanteo y trazo	100%					0.09%	Q 4,234.33	
2	Exxcavacion no clasificada	30%	70%				0.93%	Q 42,972.93	
3	Excavacion no clasificada desperdicio	30%	70%				1.44%	Q 66,335.22	
4	Tratamiento de la subrasante		50%	50%			7.40%	Q 340,647.12	
5	Base granular 0.30 m			80%	20%		13.16%	Q 606,043.94	
6	Pavimento rigido 0.15m			20%	60%	20%	65.81%	Q 3,031,439.50	
7	Drenaje		15%	20%	40%	25%	7.08%	Q 326,304.37	
7	Bordillo					20%	80%	4.09%	Q 188,399.20
Alcance del proyecto %		0.80%	6.42%	28.80%	45.77%	18.20%	100.00%	Q 4,606,376.60	
Costo		Q37,026.77	Q295,784.92	Q1,326,707.49	Q2,108,274.07	Q 838,583.35	Q 4,606,376.60		

Fuente: Dirección General de Caminos.

CONCLUSIONES

1. El asilo municipal para el municipio de Villa Canales, se situará en la cabecera municipal y contribuirá con el apoyo a la sociedad de escasos recursos a personas mayores quienes requieran de cuidado, integrándolos a la sociedad de una forma digna. El edificio tendrá como función albergar a 30 personas ancianas que requieran de un tipo de atención especial.
2. Al respecto de las evaluaciones del impacto ambiental, se pudo observar y tomar en cuenta los factores relevantes del lugar, aspectos positivos y negativos de la realización de cada uno de los proyectos; al contar con el área adecuada para realizar el asilo y tener una carretera existente, los riesgos del impacto ambiental son mínimos.
3. Los proyectos se diseñaron con base en especificaciones y normas de Guatemala como de Estados Unidos. Según los cronogramas físico-financieros, los proyectos se llevarán a cabo en un lapso de 7 meses para el asilo municipal, con un costo de Q 2 691 704,37, y de 5 meses para la pavimentación de la carretera con pavimento rígido de 4 000 PSI de resistencia, ubicada en la aldea El Tablón, Villa Canales y con un costo de Q 4 606 376,60.
4. Los proyectos contenidos en este trabajo de graduación son el resultado de la participación directa de los beneficiarios juntamente con la Unidad de EPS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, considerando que se realizarán en el menor tiempo posible,

como el mantenimiento y uso adecuado para asegurar un servicio eficiente durante su vida útil que se deberán desarrollar.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Villa Canales, Guatemala:

1. Capacitar a los pobladores de la aldea El Tablón, sobre el buen uso y mantenimiento de la carretera pavimentada, para que de esta manera tenga una buena funcionabilidad y durabilidad el proyecto.
2. Garantizar la supervisión técnica de los proyectos durante el período de construcción, los cuales demandan un profesional en el área correspondiente, para cumplir con las especificaciones de cada proyecto, garantizando de esa manera su funcionabilidad y durabilidad.
3. Actualizar los precios unitarios de cada renglón de trabajo de los proyectos previo a la contratación de servicios profesionales, ya que están sujetos a variar en el tiempo debido a factores económicos y de inflación.
4. Realizar un manual de operación del asilo municipal, para mantener un buen servicio hacia la atención del adulto mayor, así como la funcionalidad del mismo de una manera ordenada y adecuada para las personas que visiten el asilo.

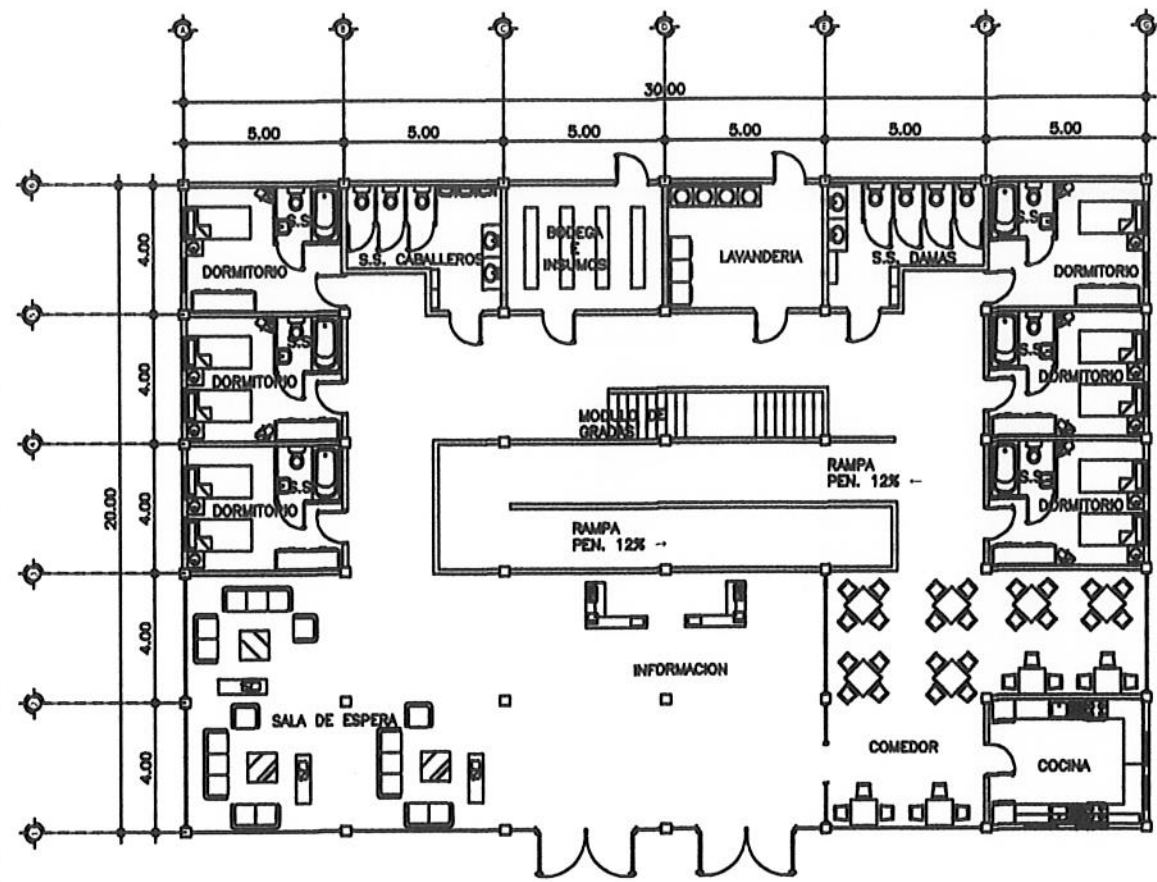
BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ ÁLVAREZ, Henry. *Diseño de dos edificaciones de dos niveles para las aldeas Chajabal y Palomora, del municipio de San Andrés Xecul, Totonicapán*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 115 p.
2. American Concrete Institute. *Building code requirements for structural concrete: ACI 318-2008*. California: ACI, 2008. 518 p.
3. ARGUETA MORATAYA, Brian Darío. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la colonia San Jorge y carretera de la Aldea El Durazno hacia la Aldea Los Humitos, Amatitlán, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 151 p.
4. BALDELOMAR RIVERA, Juan Carlos. *Normas de diseño de edificios escolares, aplicación en el diseño de la escuela para párvulos y diseño de muro en el municipio de San Miguel Tucurú, Alta Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 58 p.
5. DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4a. ed. México: International Thomson, 2001. 880 p.

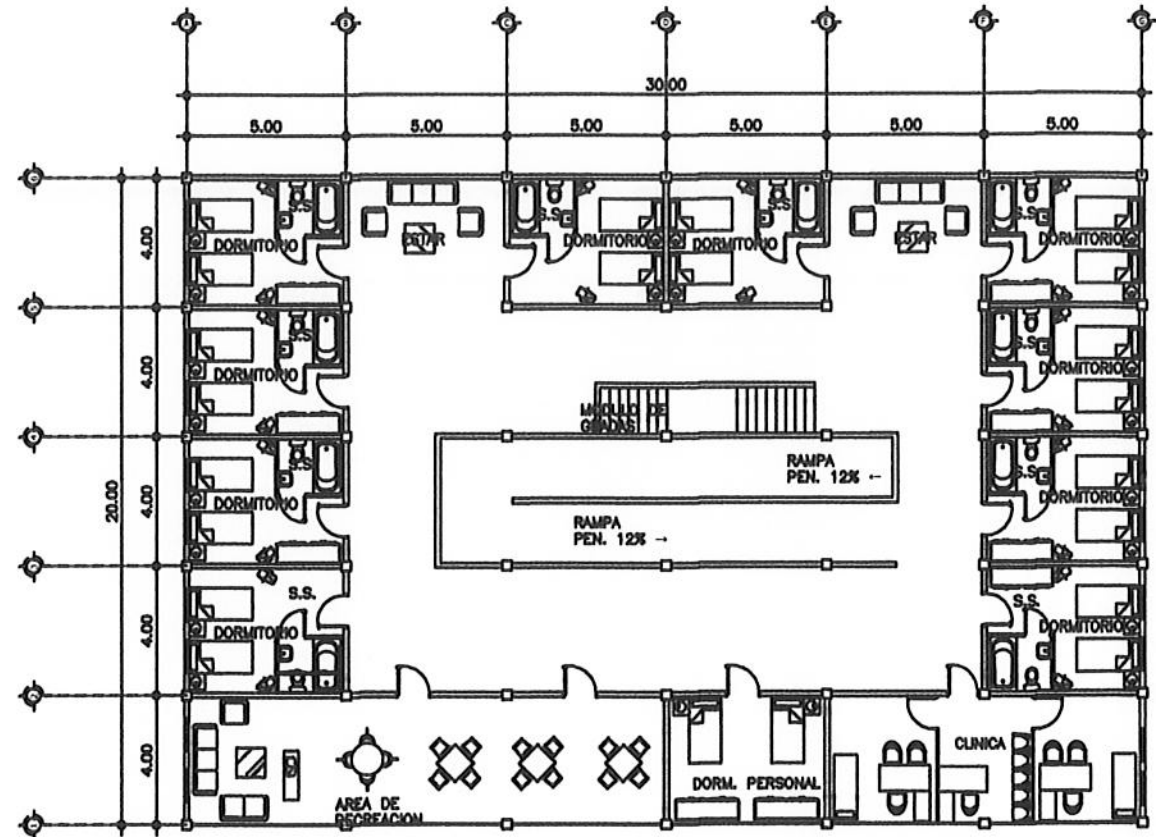
6. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Impresos Industriales, 1975. 690 p.
7. EVERARD, Noel. *Diseño de concreto armado*. 2a. ed. México: McGraw-Hill, 1986. 349 p.
8. MILEAF, Harry. *Instalaciones eléctricas*. 2a. ed. México: Limusa, 1998. 336 p.

APÉNDICES

1. Planta amueblada nivel 1 y 2
2. Planta acotada nivel 1 y 2
3. Elevación frontal
4. Planta de iluminación nivel 1 y 2
5. Planta de fuerza nivel 1 y 2
6. Planta de hidráulicas nivel 1 y 2
7. Planta de drenajes nivel 1 y 2
8. Planta de agua pluvial nivel 1 y 2
9. Planta de acabados nivel 1 y 2
10. Planta de cimentación nivel 1 y 2
11. Armado de losa nivel 1 y 2
12. Planta de gradas
13. Planta de rampa
14. Planta de carretera que se dirige hacia el cementerio
15. Planta y perfil 0+000 A 0+400
16. Planta y perfil 0+400 A 0+900
17. Planta y perfil 0+900 A 1+360
18. Planta y perfil 1+360 A 1+720
19. Secciones transversales 1
20. Secciones transversales 2
21. Volumen de corte y relleno
22. Detalle y especificaciones

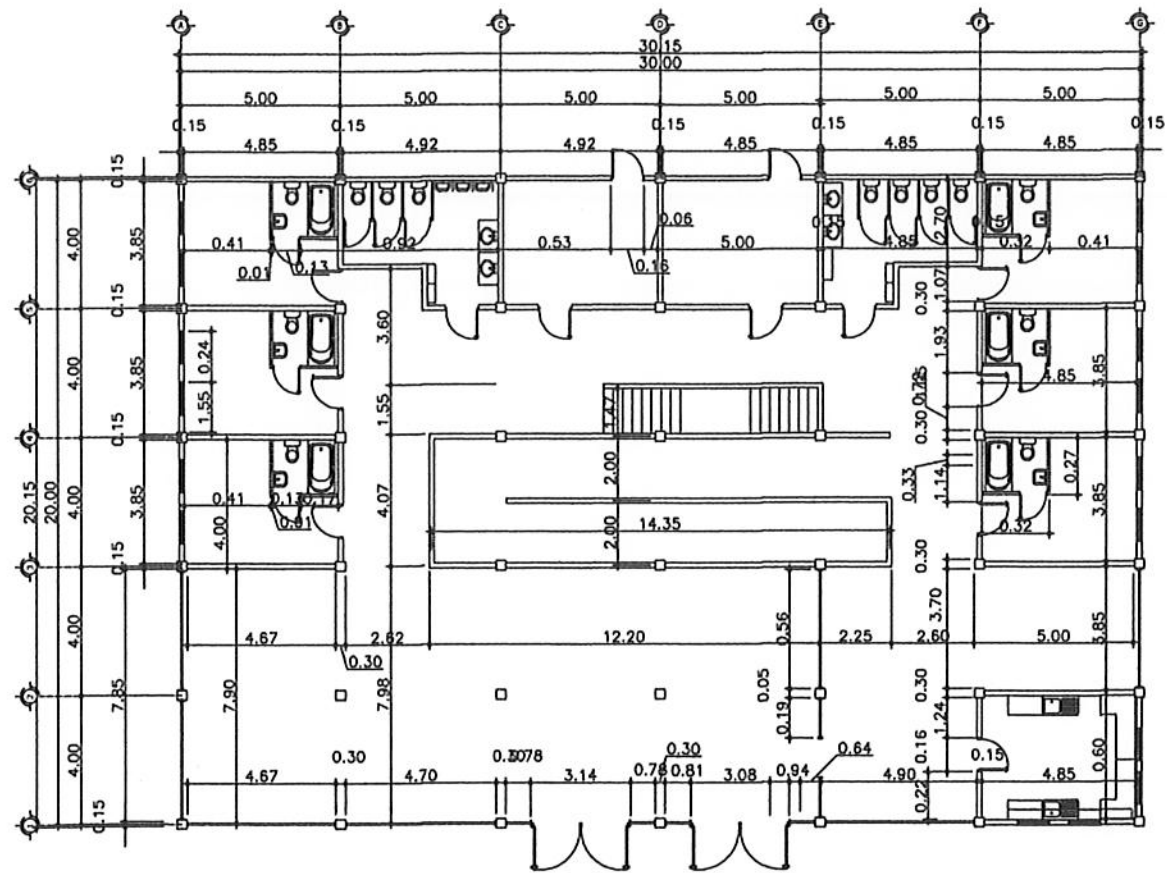


PLANTA AMUEBLADA NIVEL 1 ESCALA 1:300 ① L-01
ASILO VILLA CANALES

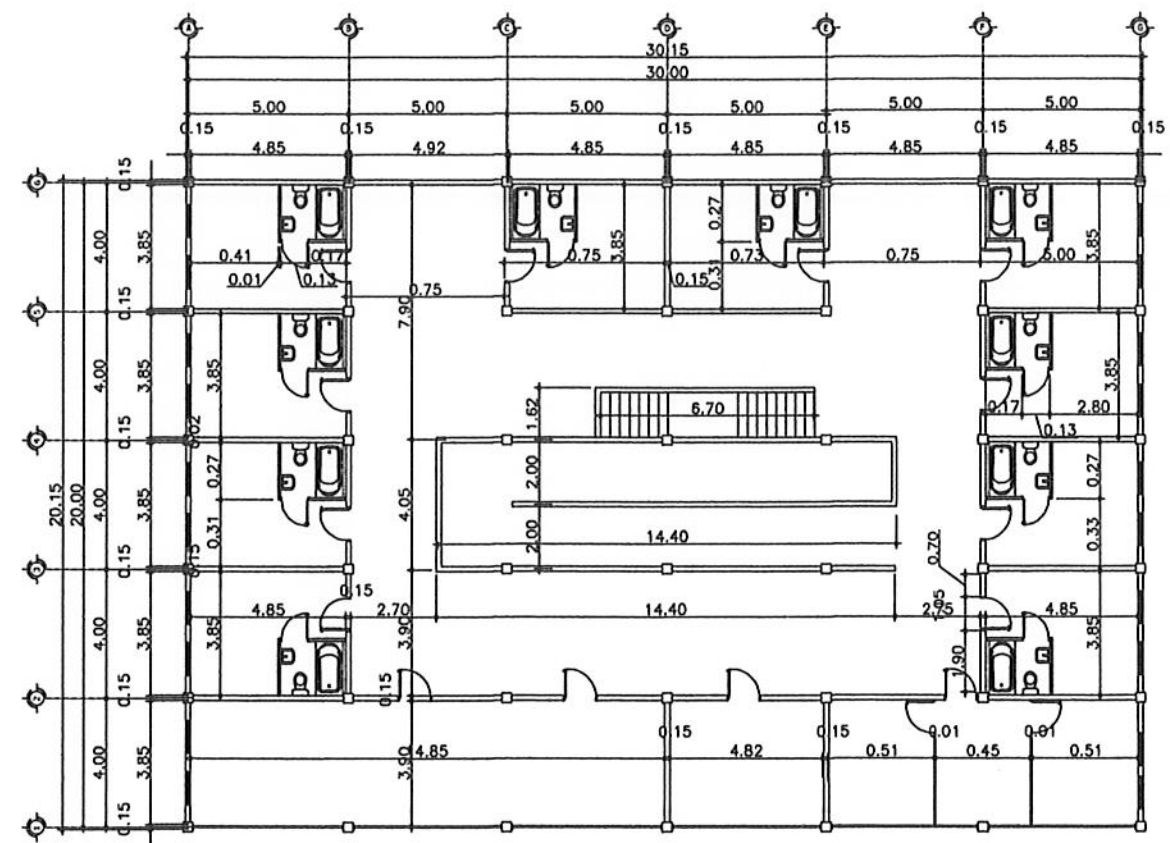


PLANTA AMUEBLADA NIVEL 2 ESCALA 1:300 ② L-01
ASILO VILLA CANALES


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS		
	Proyecto : ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA		
Diseñó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Dibujó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Escala: INDICADA Fecha: JULIO 2, 015	Contenido: PLANTA AMUEBLADA PRIMERA Y SEGUNDO NIVEL Colaboró: JEFFREY ARGUETA Ejecutó: JEFFREY ARGUETA	HOJA No. 01 / 13	



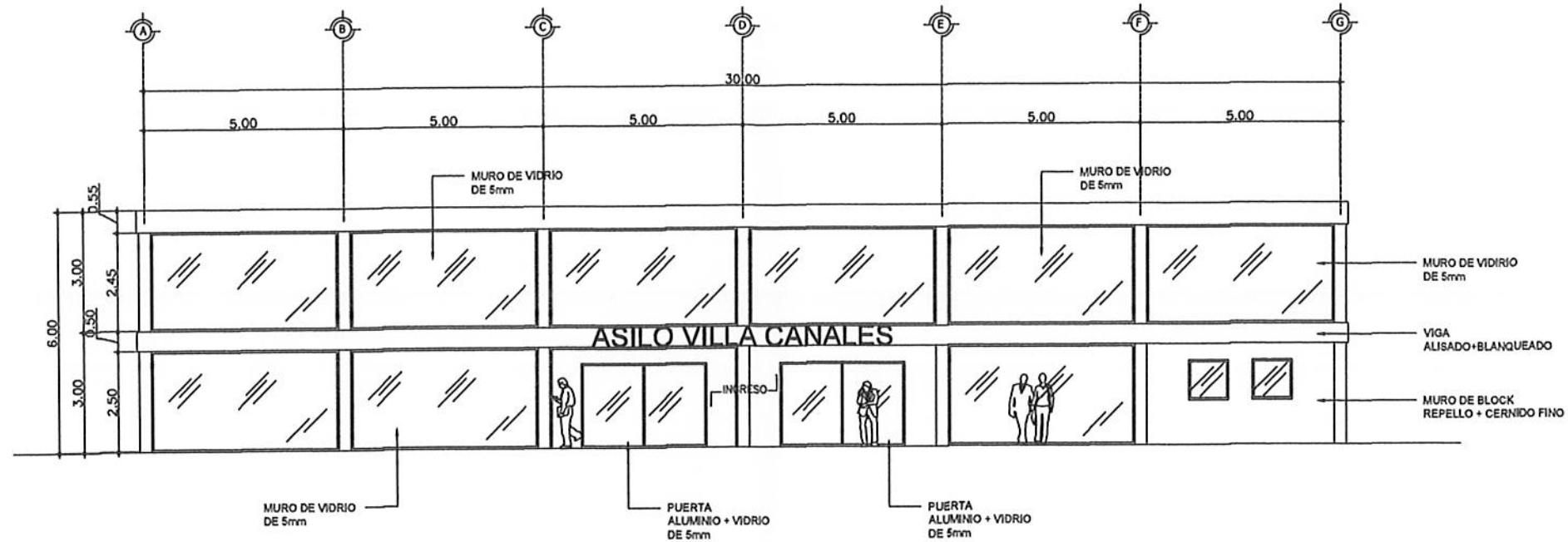
PLANTA ACOTADA NIVEL 1
 ASILO VILLA CANALES
 ESCALA 1:300 ① L-02



PLANTA ACOTADA NIVEL 2
 ASILO VILLA CANALES
 ESCALA 1:300 ② L-02

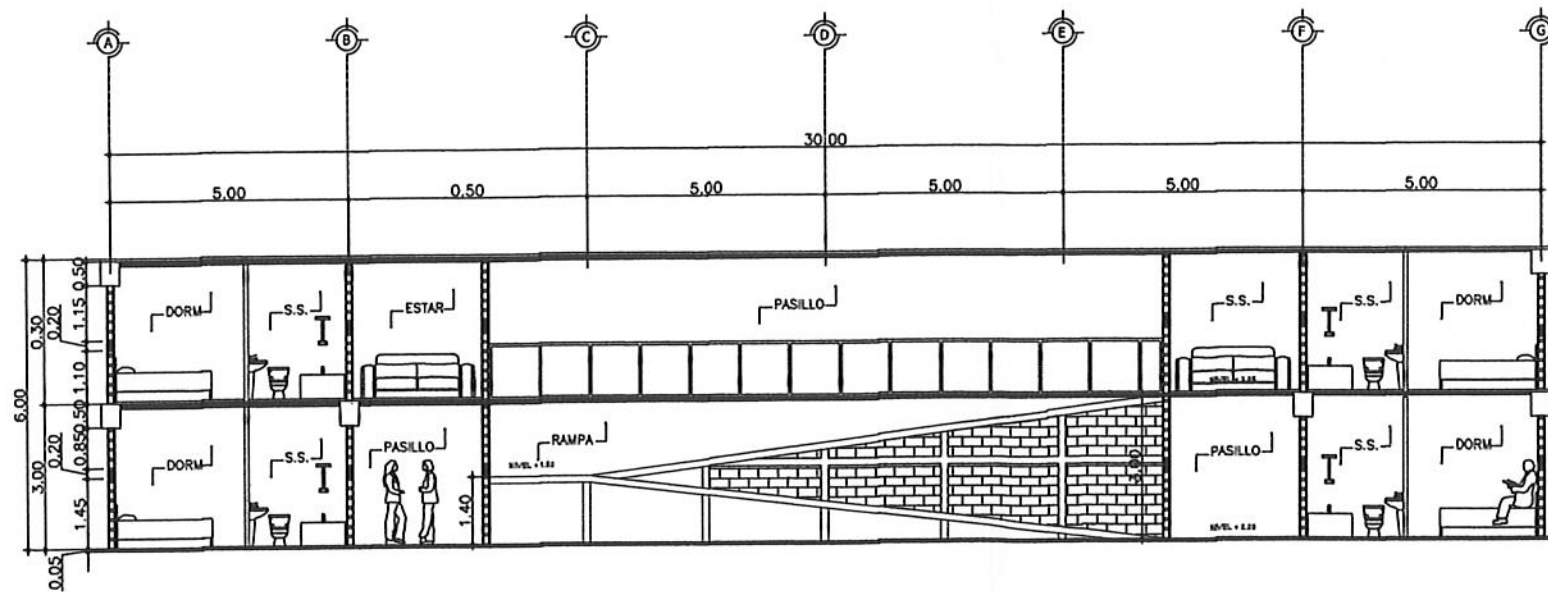
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS	
	Proyecto: ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA	
Diseñó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Dibujó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Escala: INDICADA Fecha: JULIO 2, 015	Contador: PLANTA ACOTADA PRIMERO Y SEGUNDO NIVEL Catedrático: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	HOJA No. 02 / 13

Ing. *[Signature]*
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Universidad de San Carlos de Guatemala



ELEVACION FRONTAL
ASILO VILLA CANALES

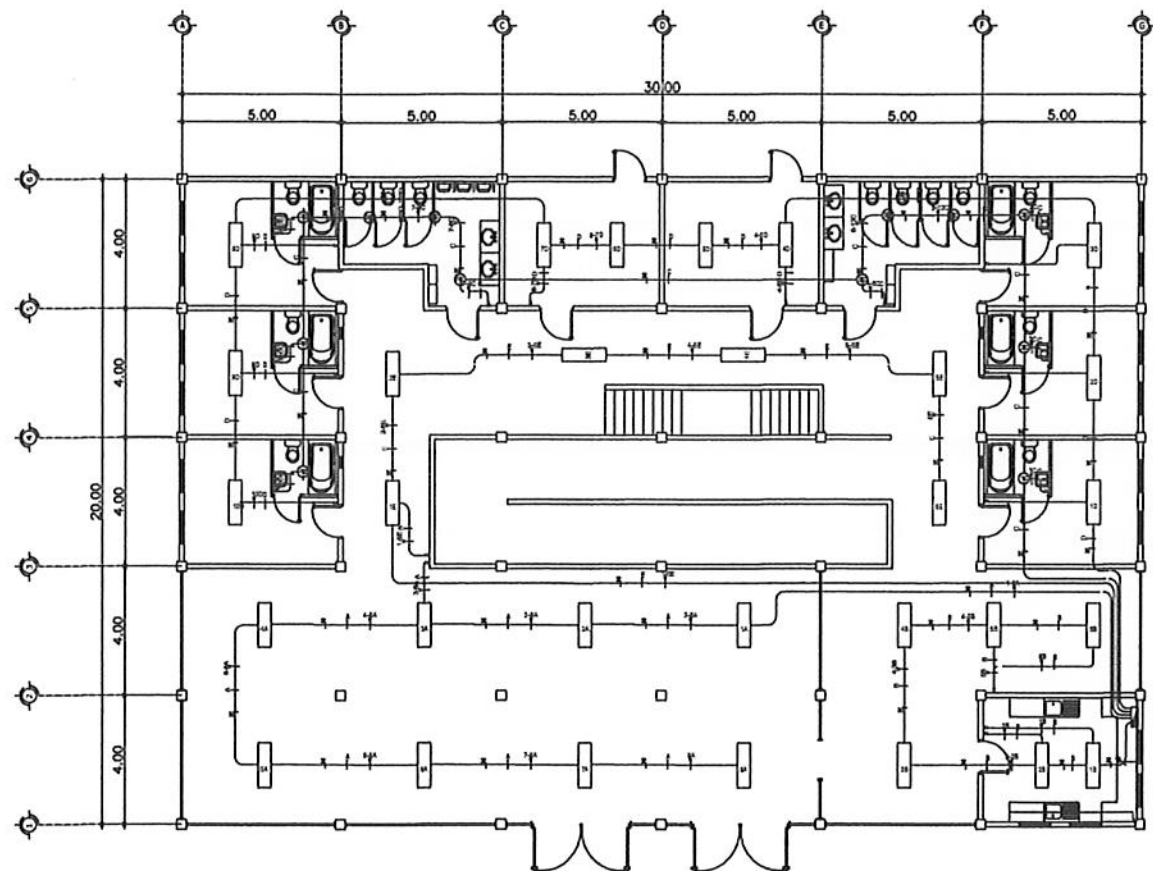
ESCALA 1:200 1 L-03



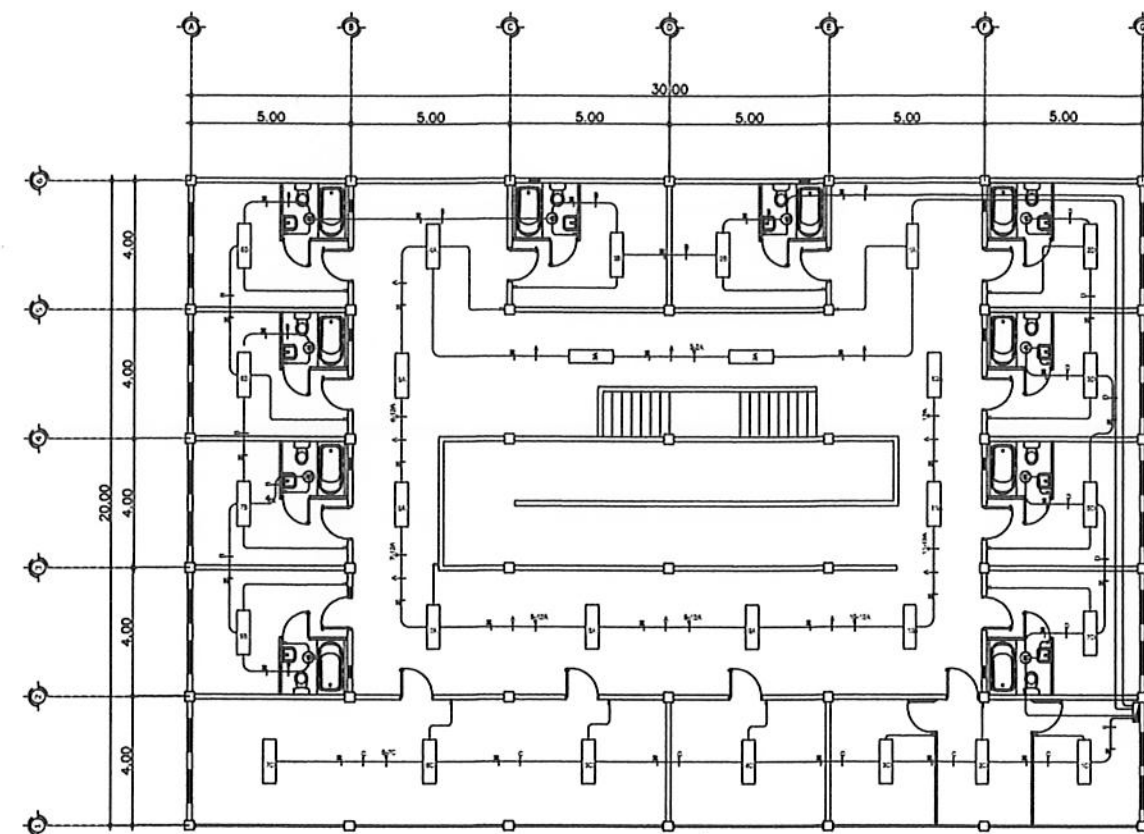
SECCION A-A'
ASILO VILLA CANALES

ESCALA 1:200 2 L-03

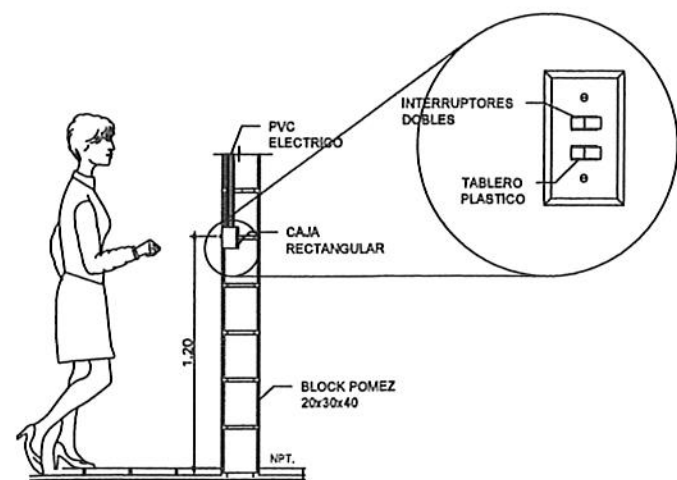
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS		
	Proyecto: ASILO MUNICIPAL VILLA CANALES, GUATEMALA		
Diseñó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Dibujó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Escala: INDICADA Fecha: JULIO 2,015	Contador: JEFFREY ARGUETA Escriba: JEFFREY ARGUETA Ing. Silvio José Rodríguez Serrano ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	HOJA No. 03 / 13	



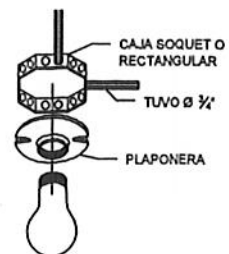
PLANTA DE ILUMINACION NIVEL 1 ESCALA 1:300 1 L-04
ASILO VILLA CANALES



PLANTA DE ILUMINACION NIVEL 2 ESCALA 1:300 2 L-04
ASILO VILLA CANALES



DETALLE ALTURA DE INTERRUPTOR ESCALA 1:100 3 L-04



ILUMINACION SERVICIO SANITARIO ESCALA 1:100 3 L-04

NOMENCLATURA ILUMINACION		
EMBOLO	DESCRIPCION	LOCALIZACION
[Symbol]	TABLERO DE DISTRIBUCION	+ 1.70 m. S.N.P.T.
[Symbol]	CAJA PARA CONTADOR	+ 2.70 m. S.N.P.T.
[Symbol]	CAJA TIPO 'RH'	+ 1.70 m. S.N.P.T.
[Symbol]	PLAFONERA-ESPIRAL AHORRADOR	CIELO
[Symbol]	CANDELA DE 3 TUVOS	
[Symbol]	LAMPARA EN PARED (TIPO FAROL)	+ 3.30 m. S.N.P.T.
[Symbol]	INTERRUPTOR SIMPLE	+ 1.20 m. S.N.P.T.
[Symbol]	INTERRUPTOR DOBLE	+ 1.20 m. S.N.P.T.
[Symbol]	INTERRUPTOR THREE WAY	+ 1.20 m. S.N.P.T.
[Symbol]	PODUCTO PARA CIRCUITO	PIROPARED
[Symbol]	PODUCTO PARA CIRCUITO	CIELO
[Symbol]	CONDUCTOR LINEA ACTIVA	PODUCTO
[Symbol]	CONDUCTOR NEUTRO	PODUCTO
[Symbol]	CONDUCTOR RETORNO	PODUCTO
[Symbol]	FUENTE	PODUCTO

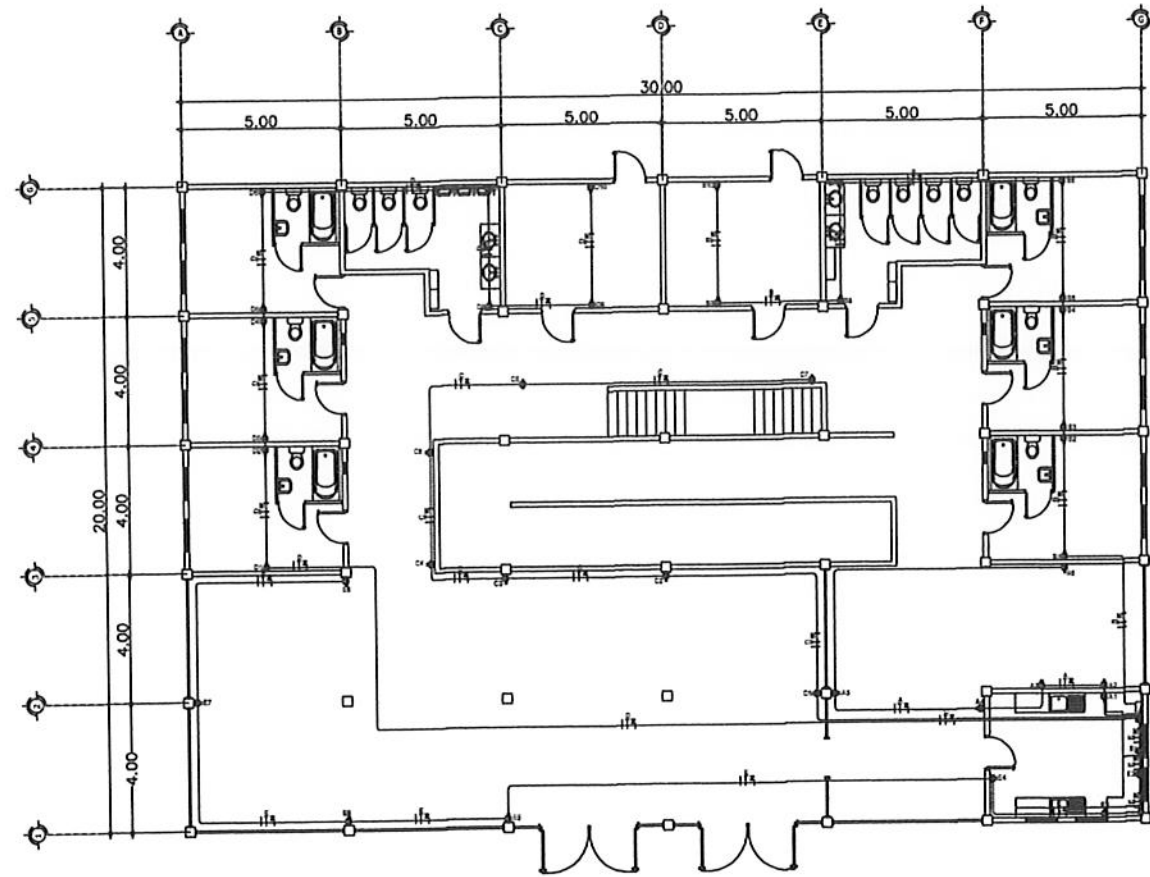
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Asilo Municipal

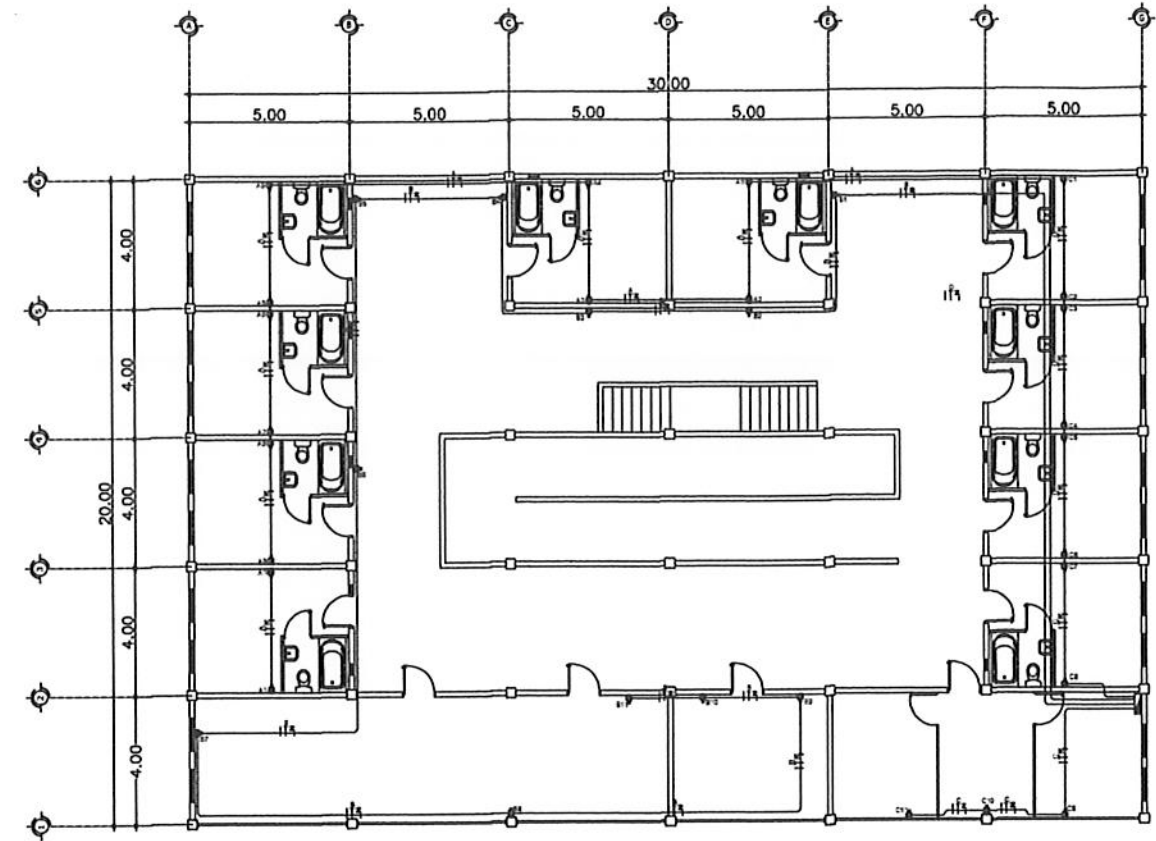
Proyecto :
ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA

Diseño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
 Contenido: PLANTA DE ILUMINACION DEL SEGUNDO NIVEL
 Dibujo: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
 Escala: INDICADA
 Fecha: JULIO 2, 015

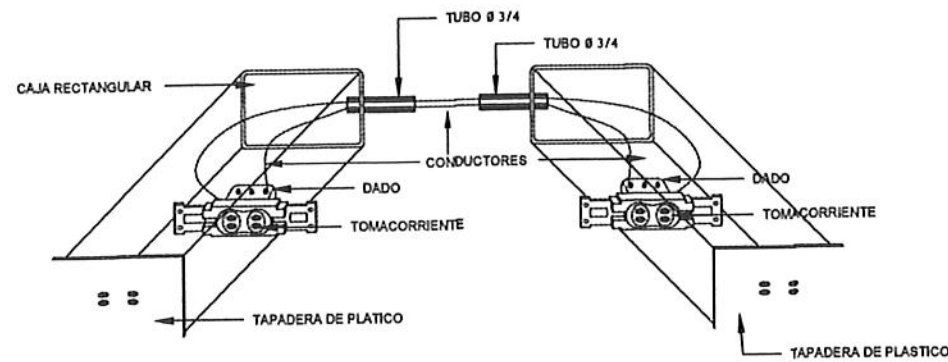
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



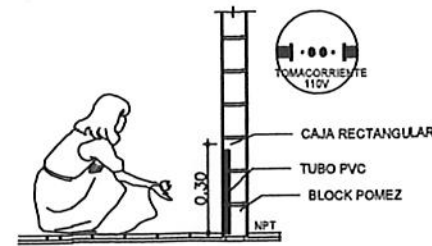
PLANTA DE FUERZA NIVEL 1 ESCALA 1:300 1 L-05
ASILO VILLA CANALES



PLANTA DE FUERZA NIVEL 2 ESCALA 1:300 2 L-05
ASILO VILLA CANALES



DETALLE CONEXION DE TOMACORRIENTE SIN ESCALA 3 L-05



DETALLE ALTURA TOMACORRIENTE SIN ESCALA 4 L-05

NOMENCLATURA ILUMINACION	
SIMBOLO	DESCRIPCION
TA	INDICA TABLERO DE DISTRIBUCION PARA 2 CIRCUITOS H= 1.70 MTS.
T-CD	INDICA TABLERO DE DISTRIBUCION PARA 12 CIRCUITOS H= 1.70 MTS.
CR	INDICA CAJA DE REGISTRO
	INDICA PANEL DE CONTADORES PARA 13 UNIDADES

NOMENCLATURA FUERZA		
SIMBOLO	DESCRIPCION	LOCALIZACION
—	DUCTO Ø 3/4" O INDIADO	PIEOPARED
+	CONDUCTOR LINEA ACTIVA	DUCTO PVC
⊥	CONDUCTOR NEUTRO	DUCTO PVC
⊥	CONDUCTOR LINEA TIERRA FISICA	DUCTO PVC
⊕	TOMACORRIENTE 110 V. 1 x 1/2 UNIDAD 1 x CIRCUITO	0.30 m. S.N.P.T.
⊕	TOMACORRIENTE 110 V. (altura indicada)	1.10 m. S.N.P.T.
⊕	TOMACORRIENTE 220 V. 1 x 1/2 UNIDAD 1 x CIRCUITO	2.20 m. S.N.P.T.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

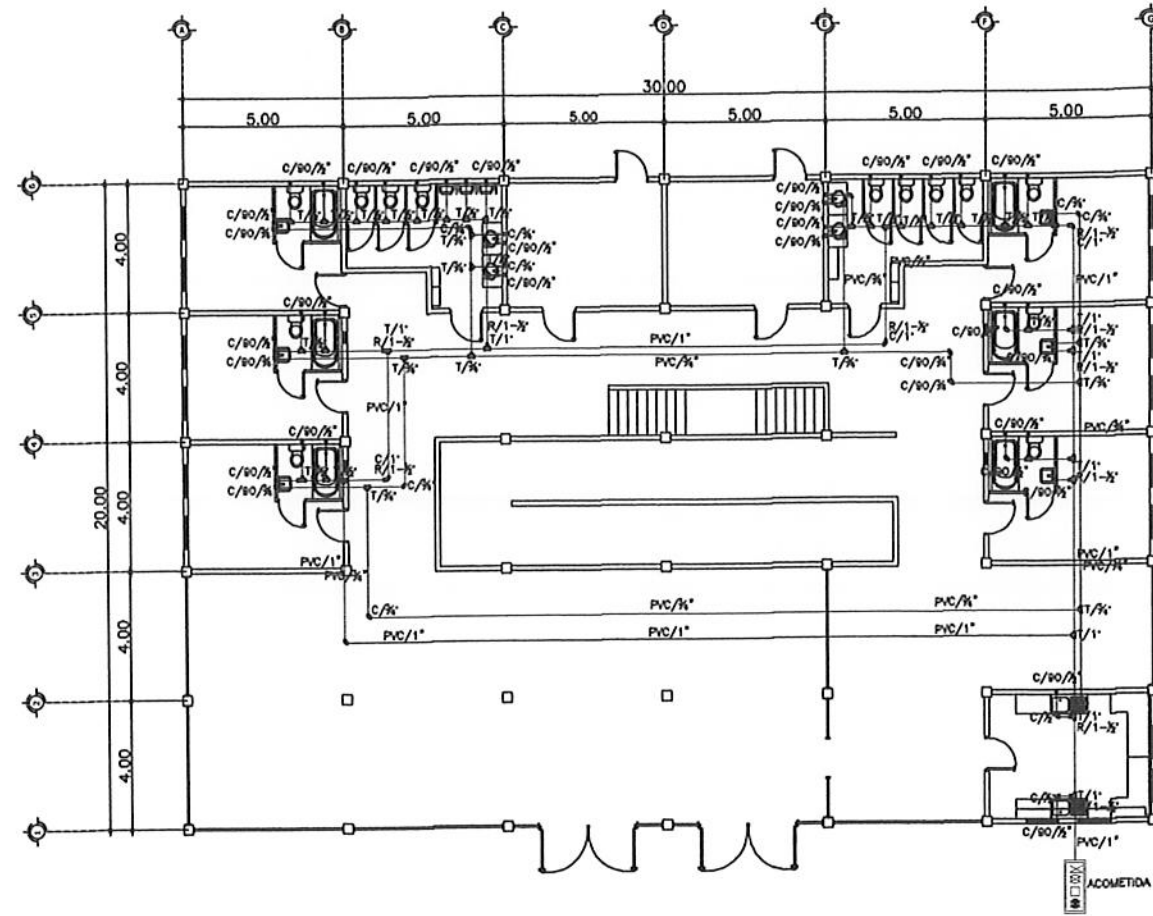
Proyecto:
ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA

Diseño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
Dibujó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
Escala: INDICADA
Fecha: JULIO 2, 015

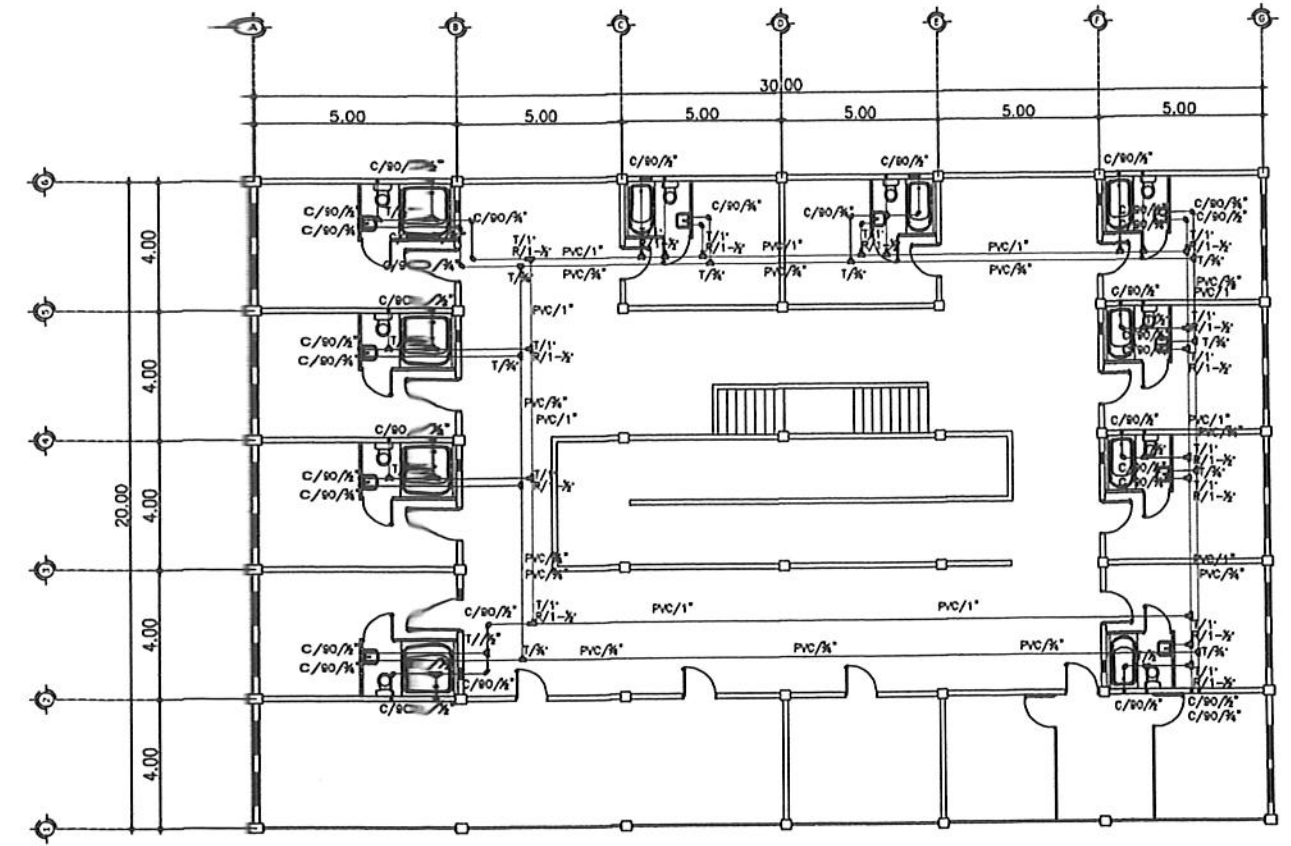
Contenido:
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Ing. Silvio José Rodríguez Seffino
ASESOR SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



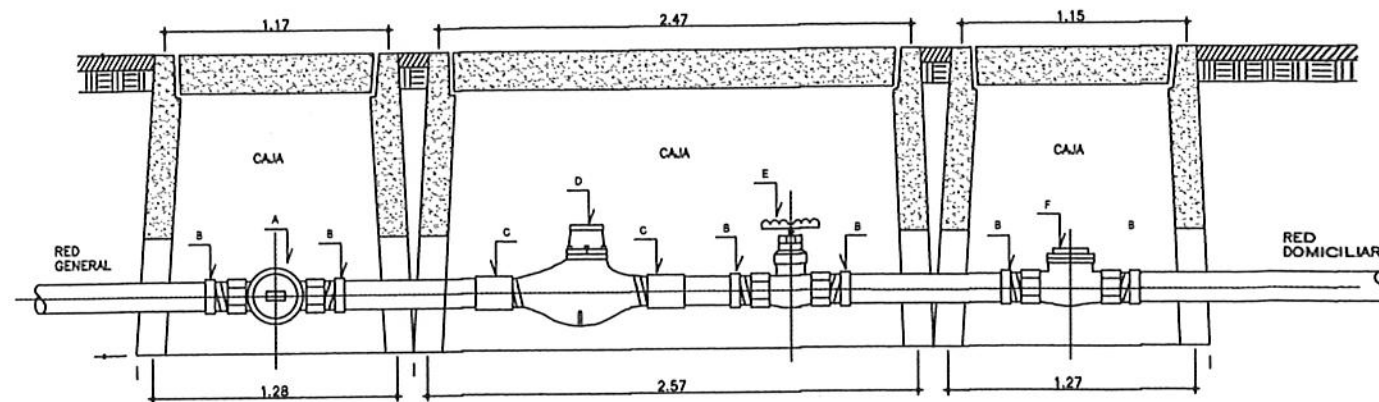
13



PLANTA DE HIDRAULICAS NIVEL 1 ESCALA 1:150 1 L-06
ASILO VILLA CANALES



PLANTA DE HIDRAULICAS NIVEL 2 ESCALA 1:150 2 L-06
ASILO VILLA CANALES



SECCION ACOMETIDA DOMICILIAR ESCALA 1:150 3 L-06

NOMENCLATURA INST. HIDRAULICA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUA POTABLE PVC Ø INDICADO
	TUBERIA DE AGUA CALIENTE CPVC Ø INDICADO
	CODO A 90° Ø INDICADO
	TEE Ø INDICADO
	YEE HORIZONTAL Ø INDICADO
	CODO A 45° Ø INDICADO
	TEE HORIZONTAL Ø INDICADO
	REDUCIDOR 1/2" - 3/4"
	CALENTADOR
	SUBIDA DE AGUA POTABLE
	SUBIDA DE AGUA CALIENTE

- NOTAS INSTALACION HIDRAULICA:**
- LA RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE CONSISTE EN UNA ACOMETIDA Ø1" QUE ALIMENTA UN CIRCUITO PRINCIPAL DE Ø 1", EL CUAL ALIMENTA RAMALES DE Ø 1/2".
 - LA TUBERIA PARA AGUA POTABLE SERA DE PVC CLASE 250 Y ACCESORIOS CEDULA 40 CON LOS DIAMETROS INDICADOS EN LOS PLANOS.
 - TODOS LOS ACCESORIOS SERAN EMPOTRADOS.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Proyecto:
ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA

Juntos construyamos el cambio canasero!

Contenido: Instalación Hidráulica Primer y Segundo Nivel

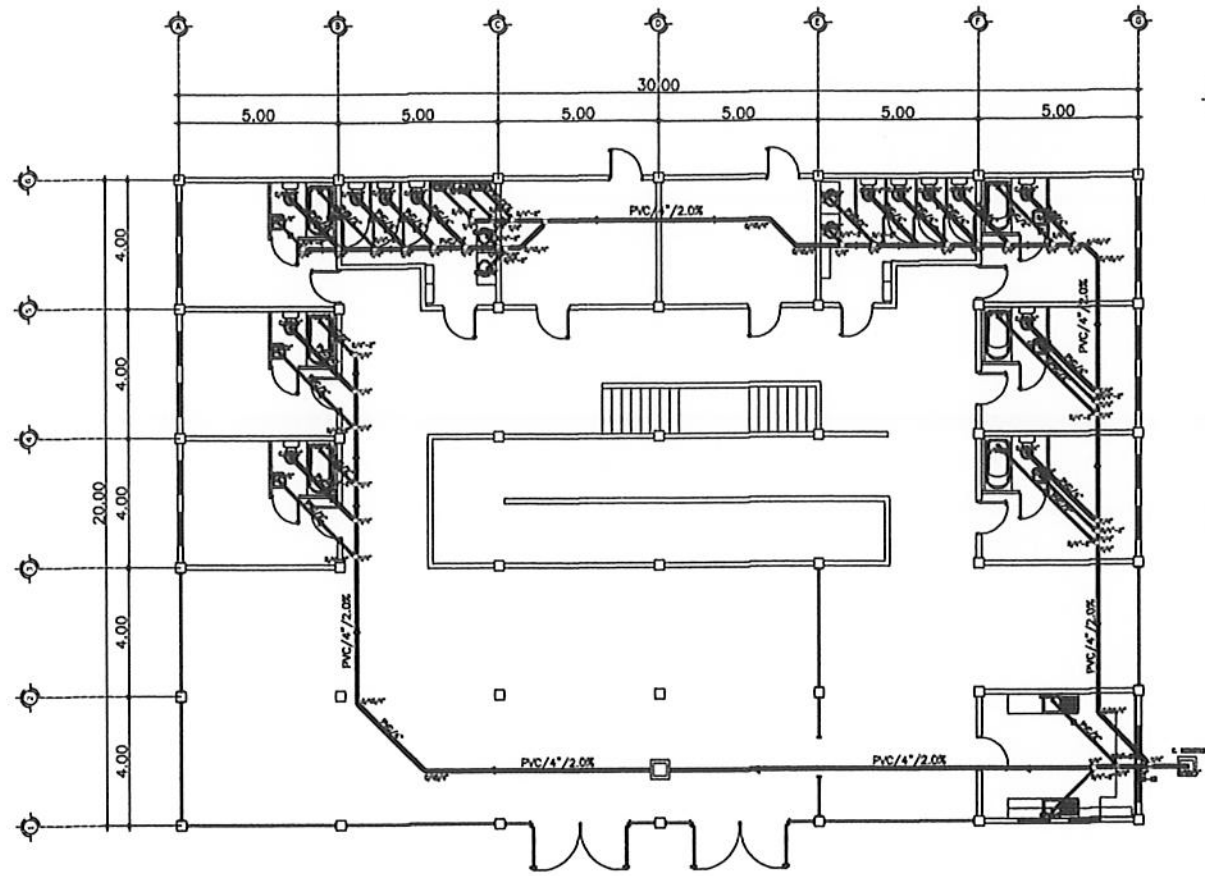
Elaborado por: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ

Revisado por: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ

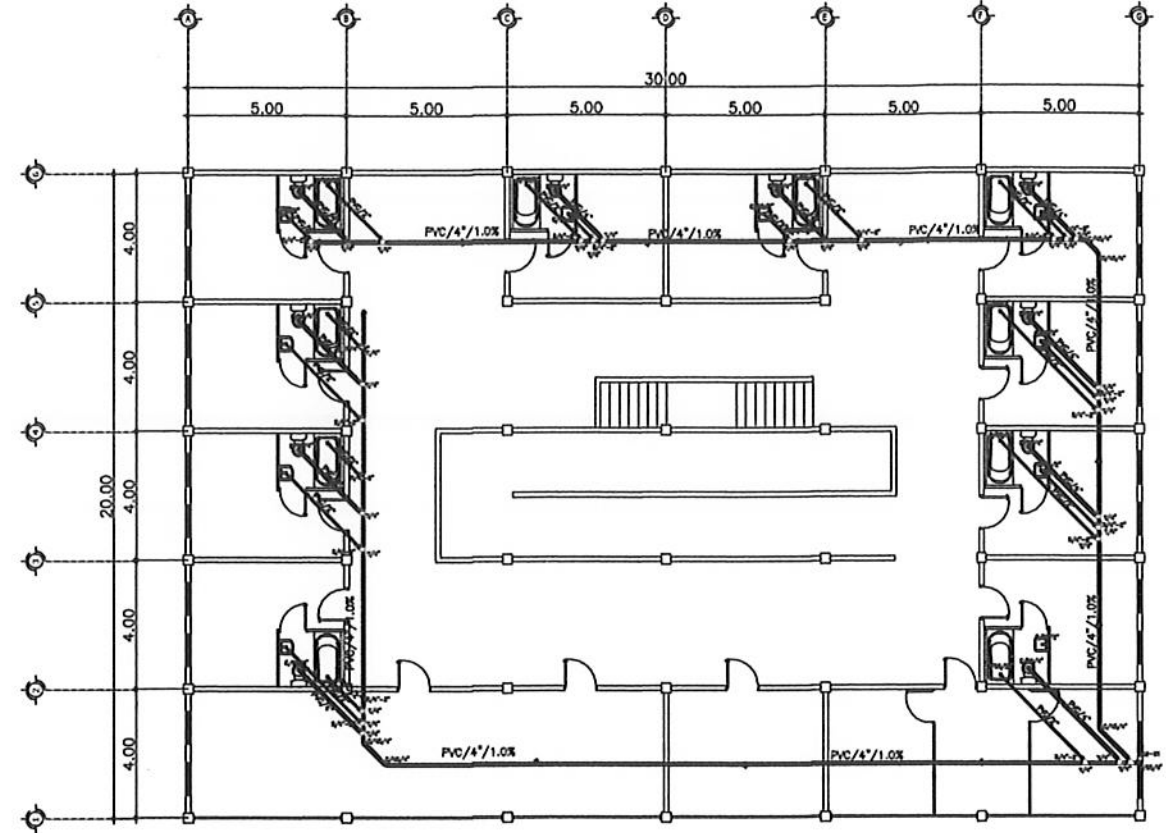
Escala: INDICADA

Fecha: JULIO 2,015

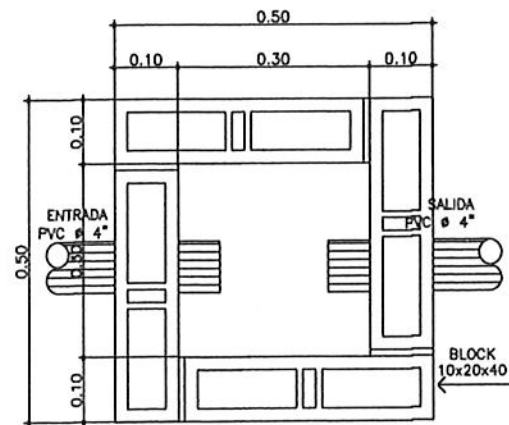
HOJA No. 06 13



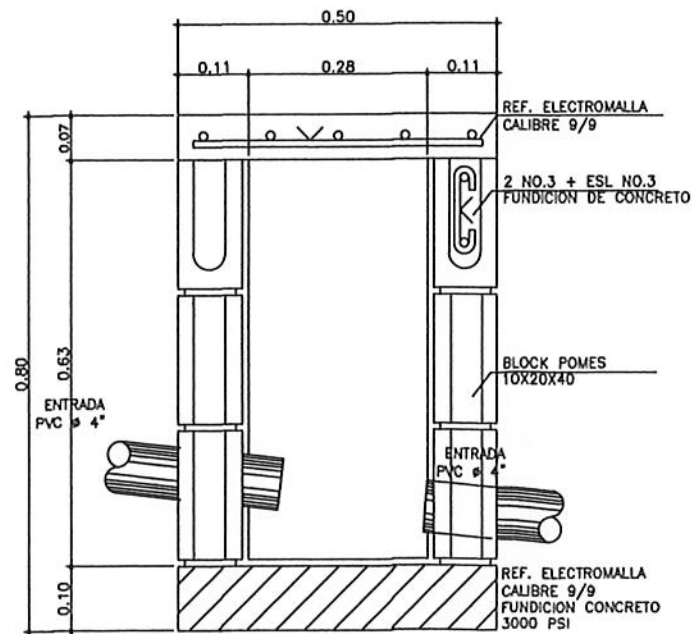
PLANTA DE DRENAJES NIVEL 1 ESCALA 1:300 ① L-07
ASILO VILLA CANALES



PLANTA DE DRENAJES NIVEL 2 ESCALA 1:300 ② L-07
ASILO VILLA CANALES



PLANTA ESCALA 1:300 ③ L-07
CAJA DE REGISTRO



SECCION ESCALA 1:300 ④ L-07
CAJA DE REGISTRO

NOMENCLATURA INST. SANITARIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS PVC Ø INDICADO
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS PVC Ø INDICADO
	CODO A 90° HORIZONTAL Ø INDICADO
	CODO A 90° VERTICAL Ø INDICADO
	YEE HORIZONTAL Ø INDICADO
	CODO A 45° Ø INDICADO
	TEE HORIZONTAL Ø INDICADO
	REDUCIDOR 4\"/>
	SFON TERMINAL
	INDICA SENTIDO DE FLUJO Y PENDIENTE DE 1 % EXCEPTO CUANDO SE INDIQUE



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Proyecto :
ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA

Disño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ

Escala: INDICADA

Fecha: JULIO 2,015

Contenido: PLANTA DE DRENAJES NIVEL 1 Y NIVEL 2

Asesor: Ing. José Rodríguez Serrano

Supervisor: Ing. José Rodríguez Serrano

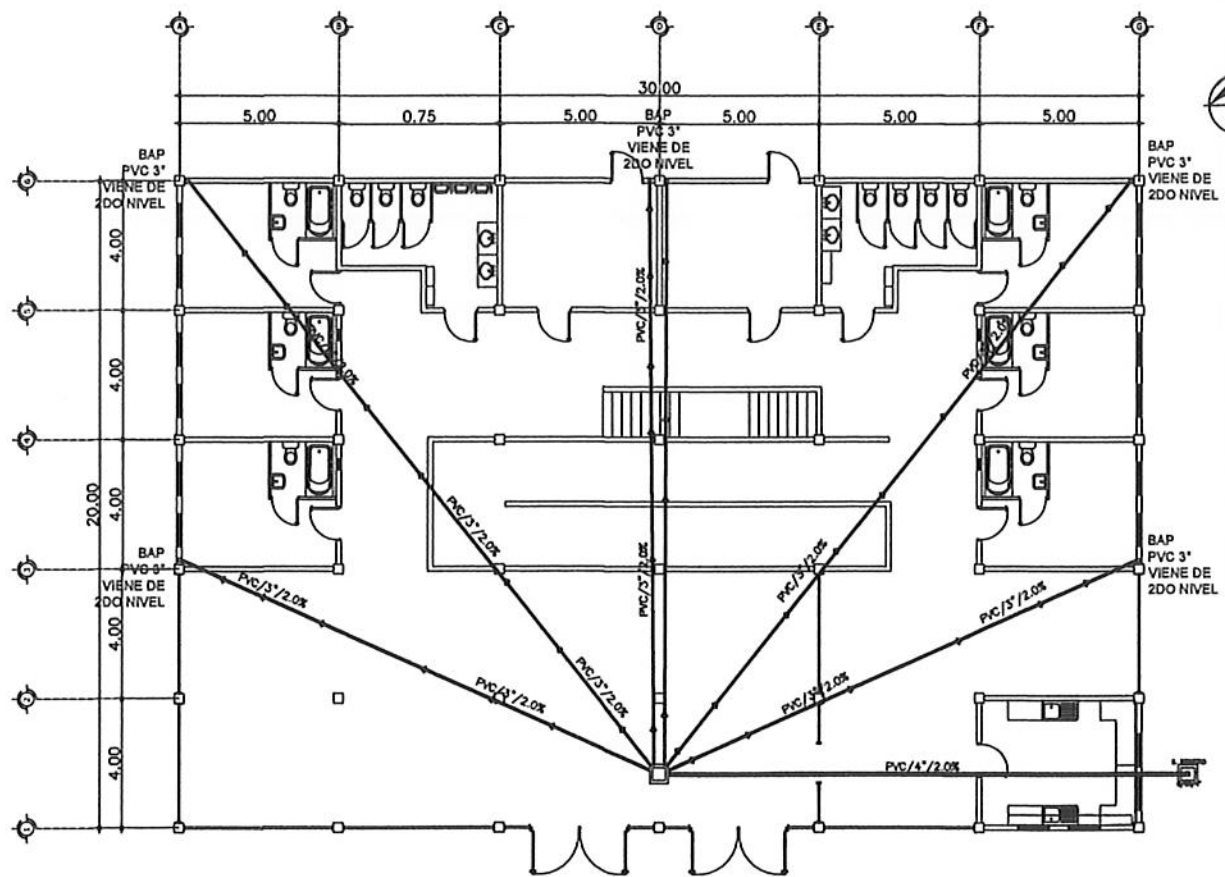
Unidad de EPS



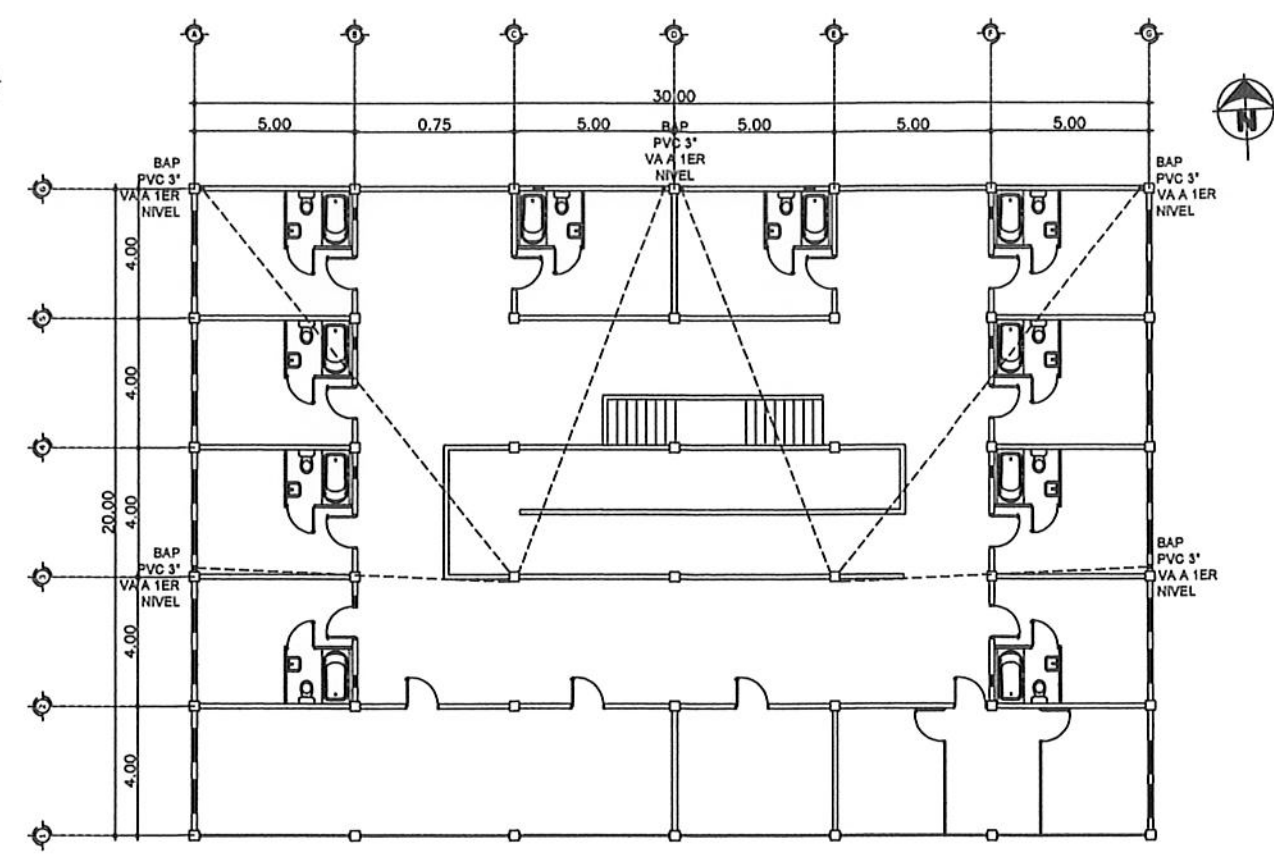
HOJA No. 07

13

Facultad de Ingeniería

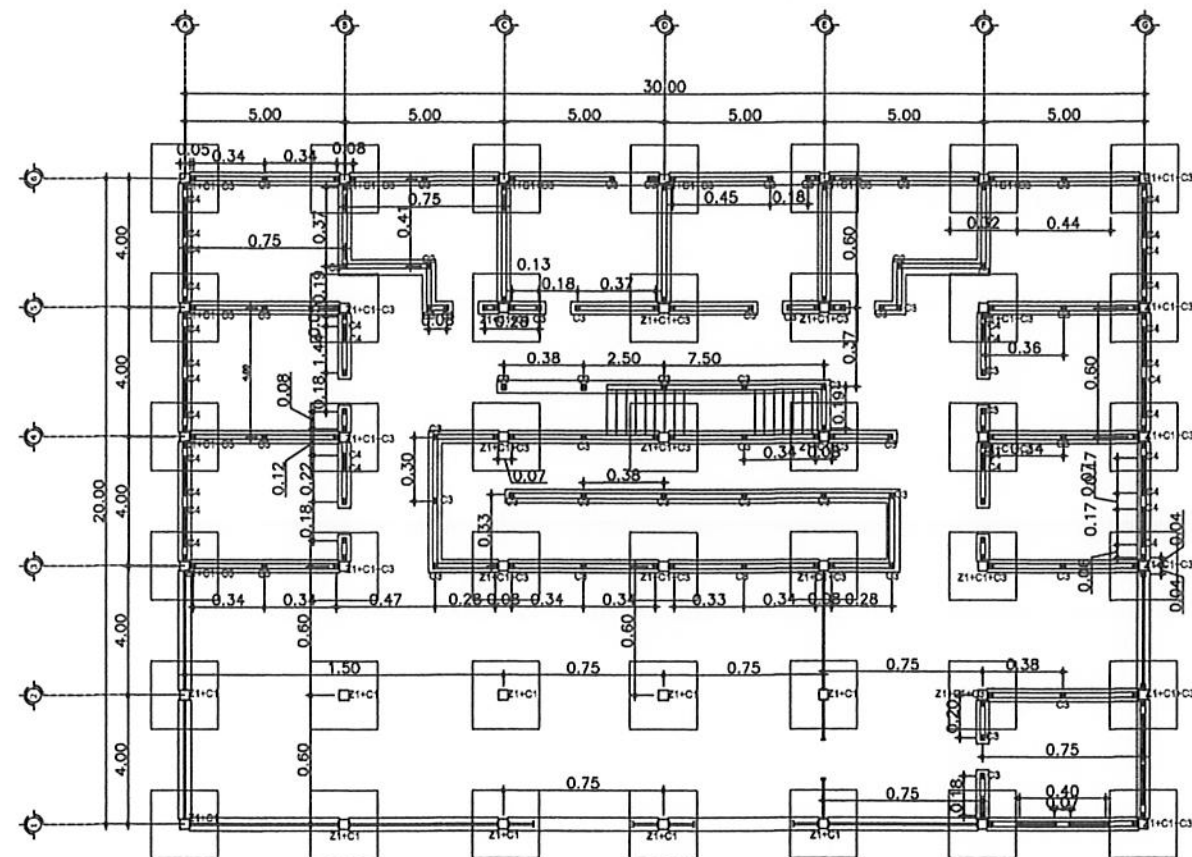


PLANTA AGUA PLUVIAL NIVEL 1 ESCALA 1:300 ① L-08
 ASILO VILLA CANALES

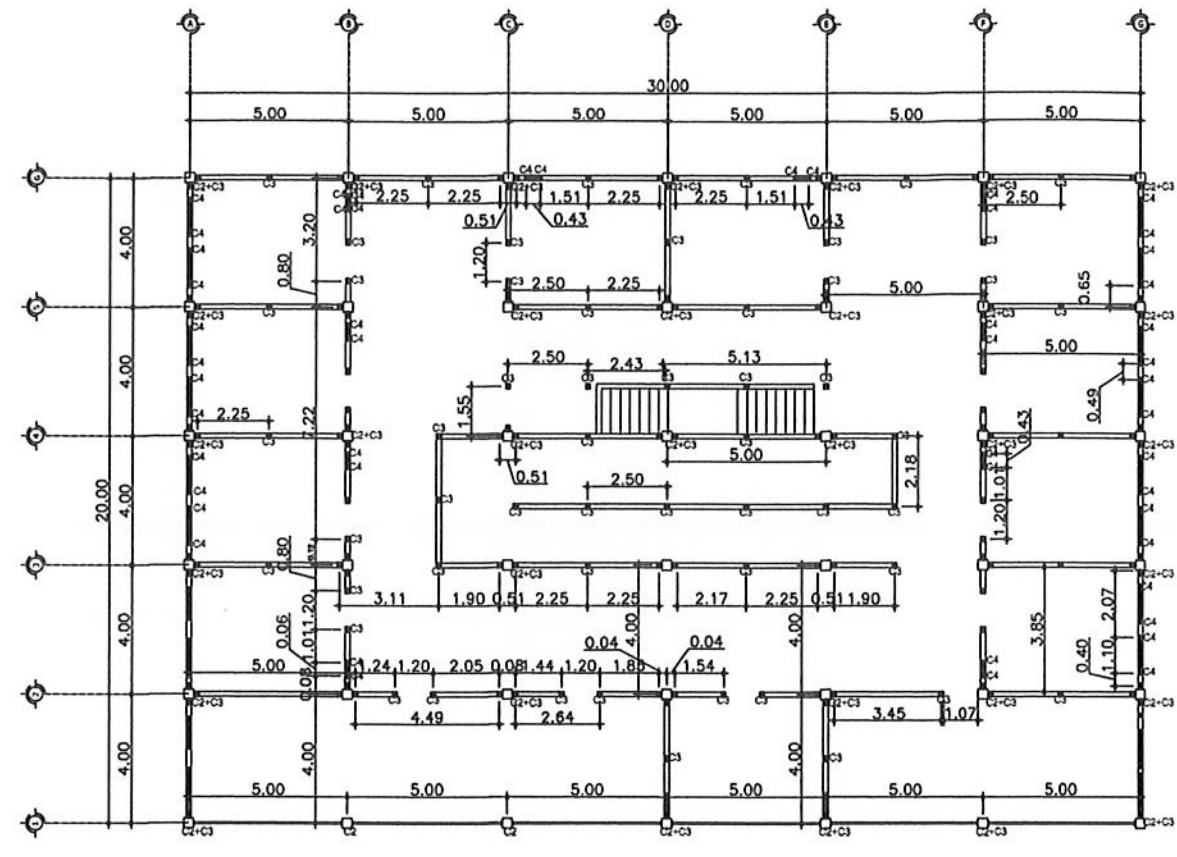


PLANTA AGUA PLUVIAL NIVEL 2 ESCALA 1:300 ② L-08
 ASILO VILLA CANALES

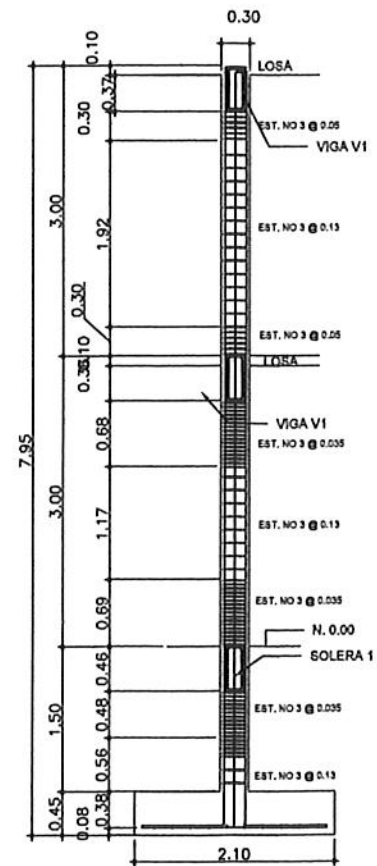
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS		
	Proyecto: ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA		
Diseño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Correlado:	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS	
Dibujo: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Calculo:	Ing. Silvio José Rodríguez ASesor - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS	FIGUA No.
Escala: INDICADA	Fecha: JULIO 2,015	13	



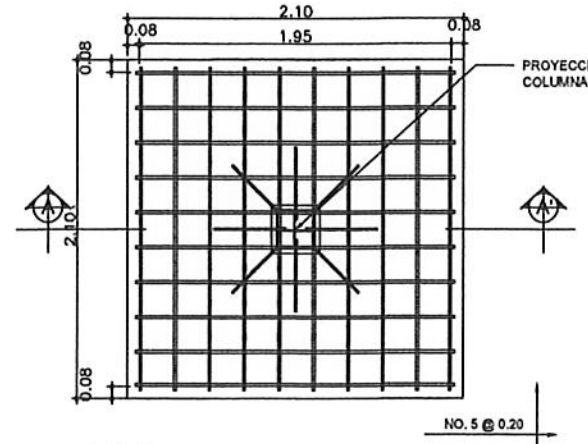
PLANTADE CIMENTACION NIVEL 1 ESCALA 1:300 ① L-10
ASILO VILLA CANALES



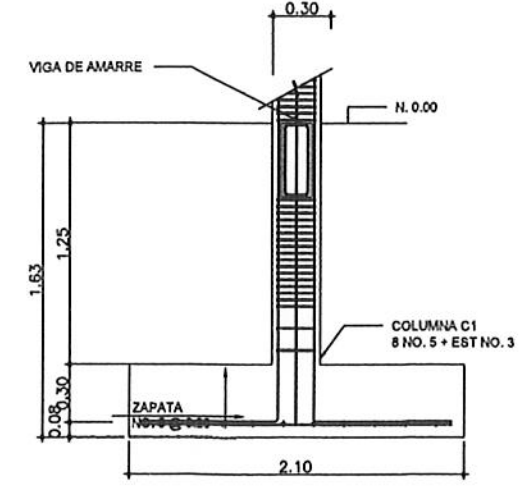
PLANTA DE CIMENTACION NIVEL 2 ESCALA 1:300 ② L-10
ASILO VILLA CANALES



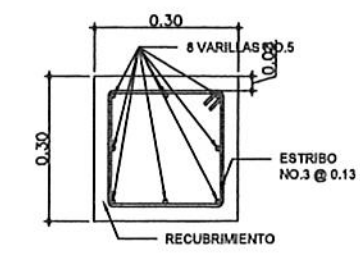
CORTE COLUMNA TIPO 1 ESCALA 1:50 ③ L-10



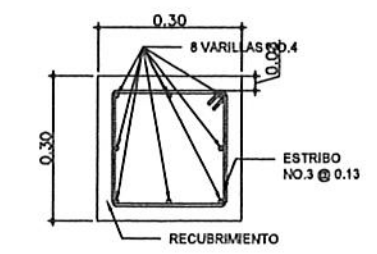
Z1 ZAPATA TIPO 1 ESCALA 1:50 ③ L-10



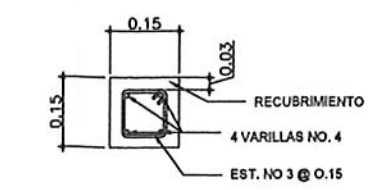
CORTE A-A' ZAPATA TIPO 1 ESCALA 1:50 ④ L-10



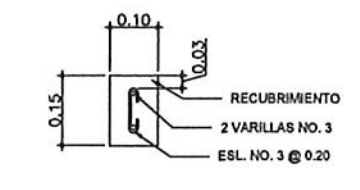
C1 COLUMNA TIPO 1 ESCALA 1:20 ⑤ L-10



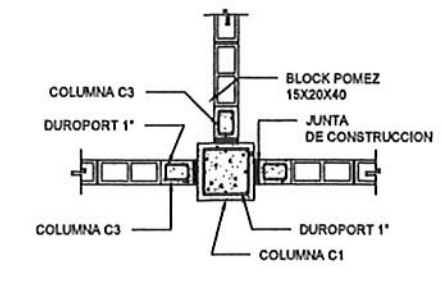
C2 COLUMNA TIPO 2 ESCALA 1:10 ⑤ L-10



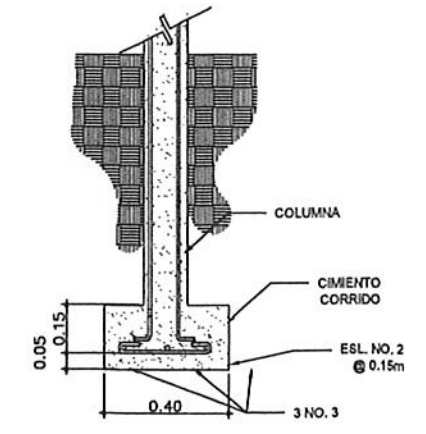
C3 COLUMNA TIPO 2 ESCALA 1:20 ⑥ L-10



C4 COLUMNA TIPO 3 ESCALA 1:20 ⑦ L-10

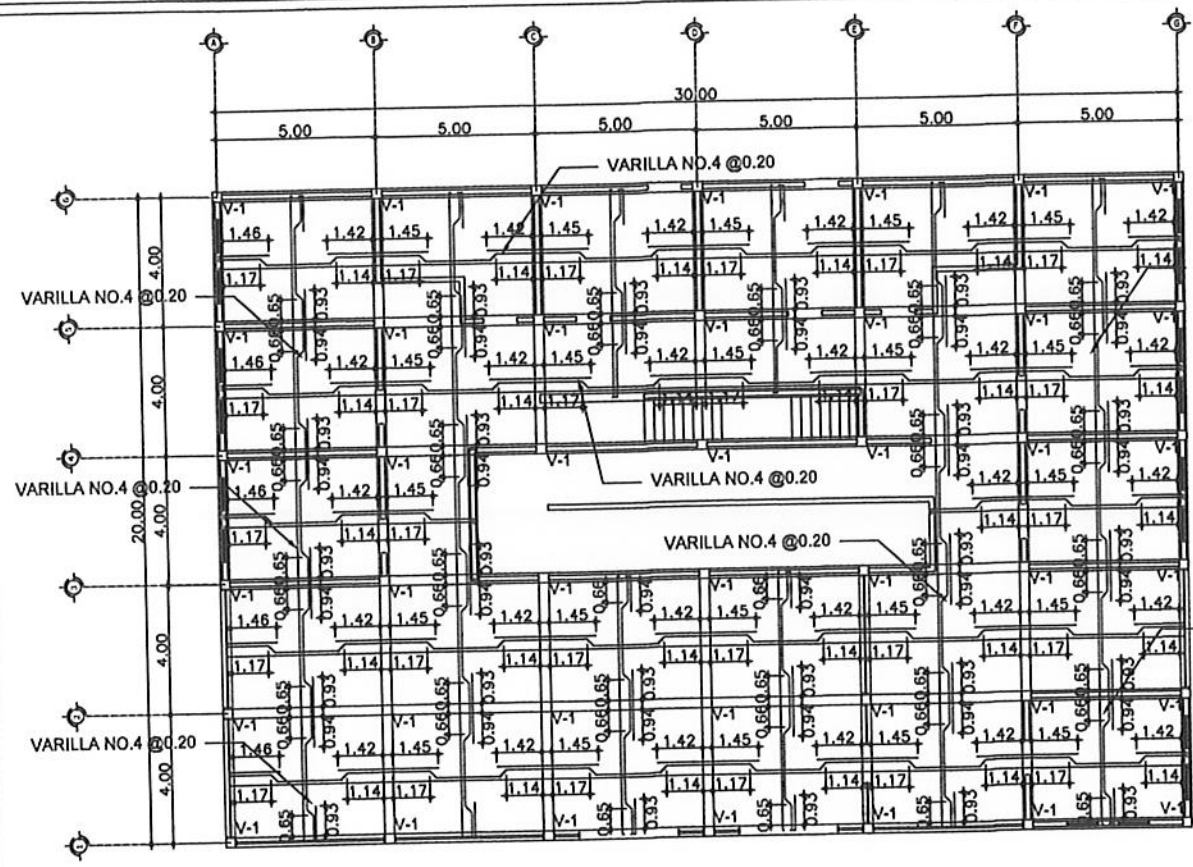


DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCION ESCALA 1:50 ⑨ L-10



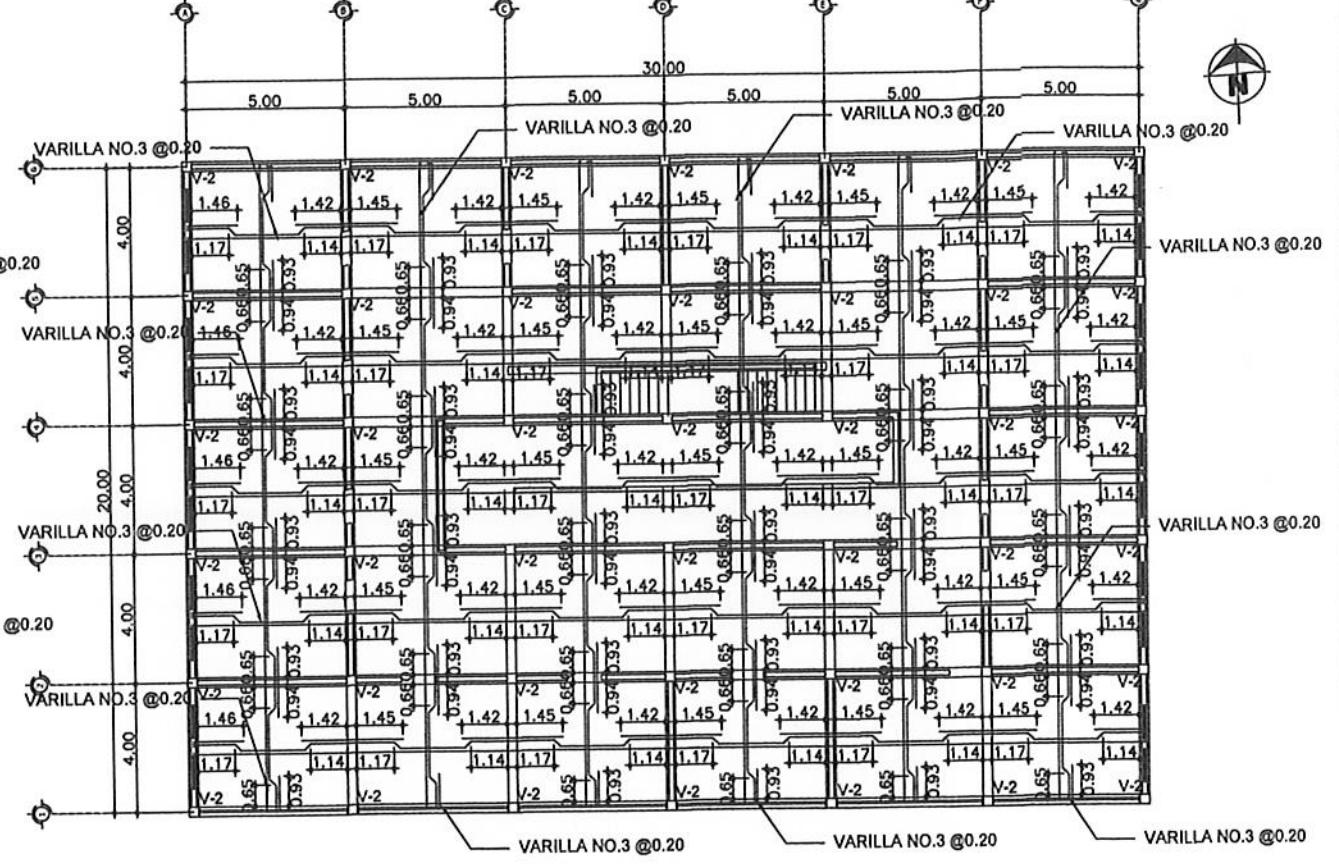
CORTE CIMENTO TIPO CCA ESCALA 1:25 ⑨ L-11

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS</p>		
<p>Proyecto: ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA</p>		
<p>Diseño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ</p>	<p>Corriendo: PLANTA DE CIMENTACION PRIMER Y SEGUNDO NIVEL</p>	<p>HOJA No. 10 / 13</p>
<p>Sup: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ</p>	<p>Calculo: Ing. Silvio José Rodríguez Serrano INGENIERO SUPERVISOR DE EPS</p>	
<p>Escala: INDICADA</p>	<p>Fecha: JULIO 2, 015</p>	
<p>Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS</p>		



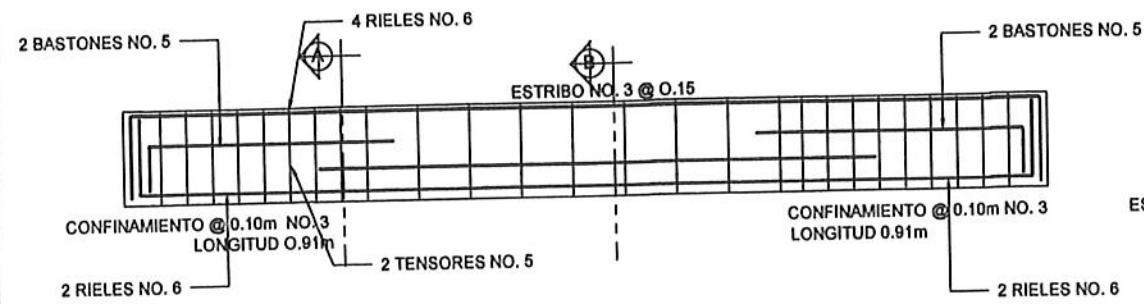
ARMADO DE LOSA NIVEL 1
ASILO VILLA CANALES

ESCALA 1:300 ① L-11

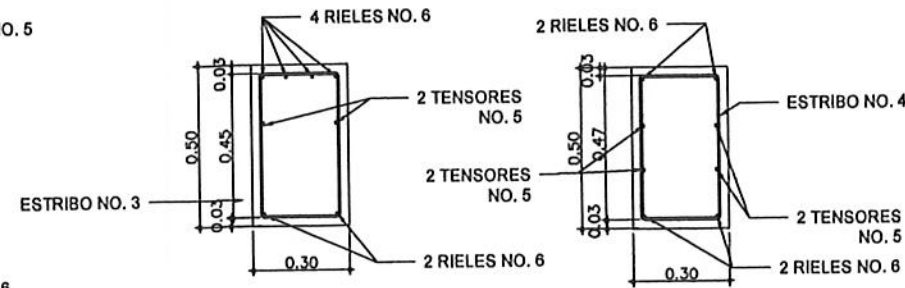


ARMADO DE LOSA NIVEL 2
ASILO VILLA CANALES

ESCALA 1:300 ② L-11



SECCION LONGITUDINAL SIN ESCALA ③ L-11
VIGA 1



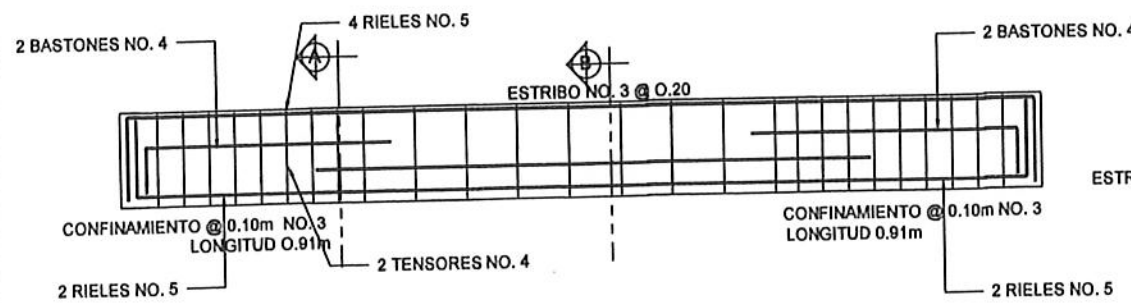
CORTE ESCALA 1:25 ④ L-11
A-A' VIGA 1

CORTE ESCALA 1:25 ⑤ L-11
B-B' VIGA 1

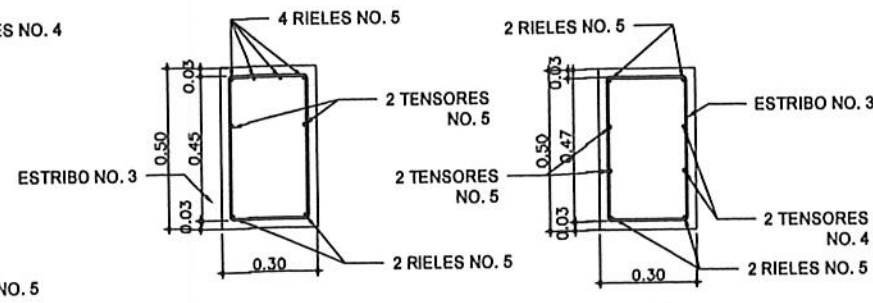
NOTAS:

- * EL ESPESOR DE LA LOSA SERA:
T= 0.10
- * EL ACERO DE REFUERZO ES No.4 @ 0.18
(RIELES, BASTONES Y TENSIONES)
SALVO QUE SE ESPECIFIQUE OTRO

INDICA VIGA 1
INDICA DINTEL




SECCION LONGITUDINAL SIN ESCALA ⑥ L-11
VIGA 2



CORTE ESCALA 1:25 ⑦ L-11
A-A' VIGA 2

CORTE ESCALA 1:25 ⑧ L-11
B-B' VIGA 2

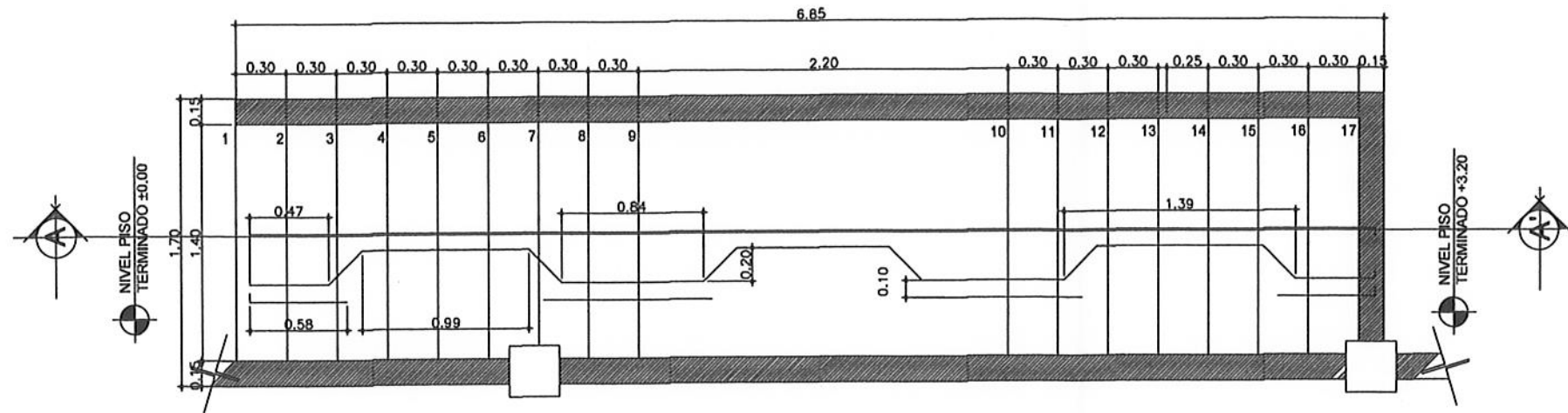


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Proyecto:
ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA

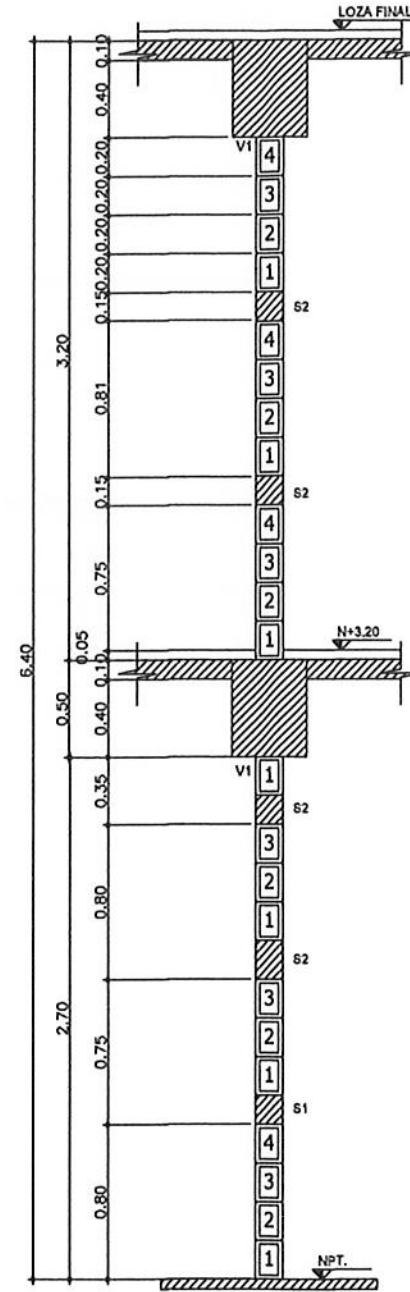
Diseño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
Dibujo: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
Escala: INDICADA
Fecha: JULIO 2, 015

NOJA No.
11 / 13



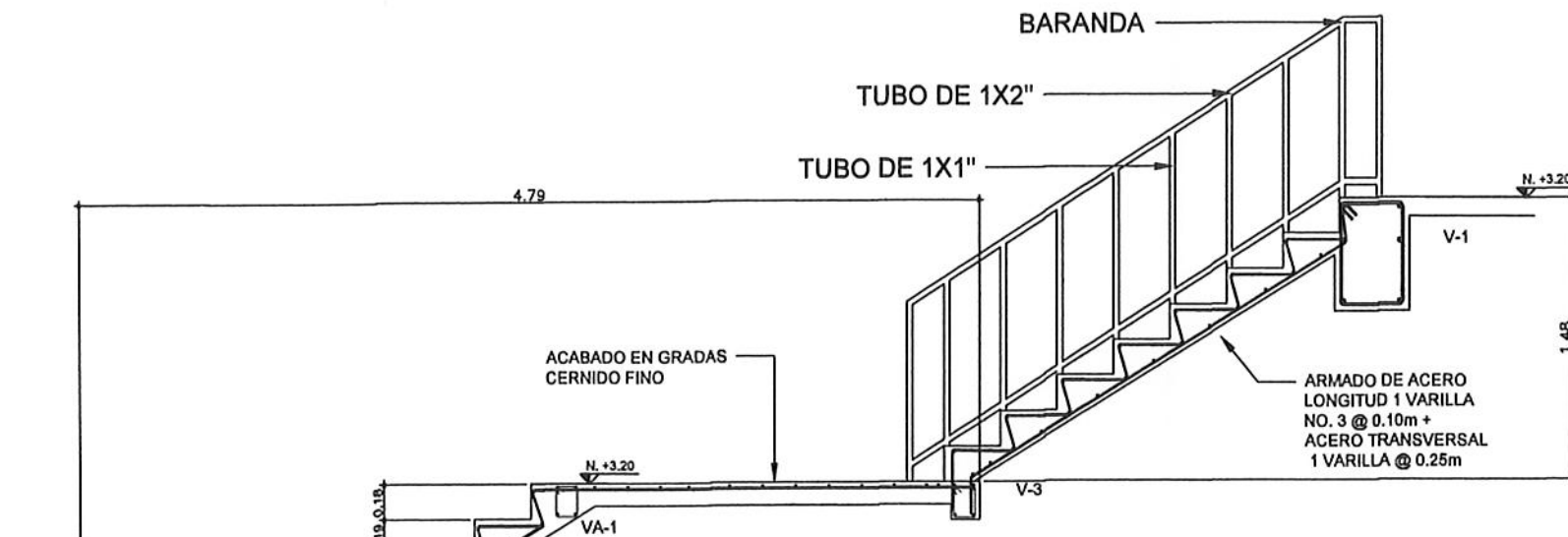
PLANTA DE GRADAS
ASILO VILLA CANALES

ESCALA 1:25 (1) L-12



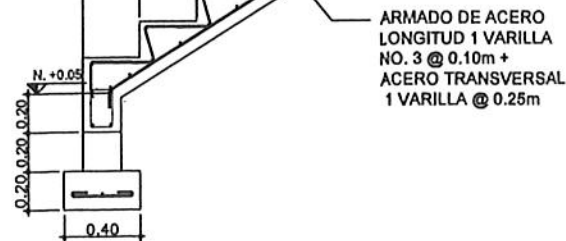
CORTE DE MURO
ASILO VILLA CANALES

ESCALA 1:25 (3) L-12



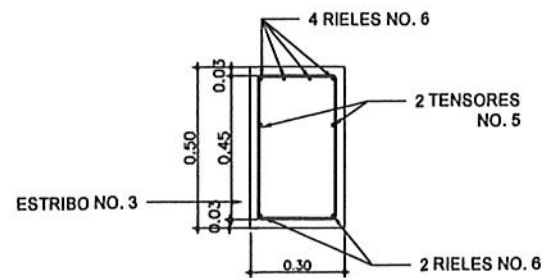
SECCION A-A'
GRADAS

ESCALA 1:25 (2) L-12



CORTE
VIGA TIPO 1

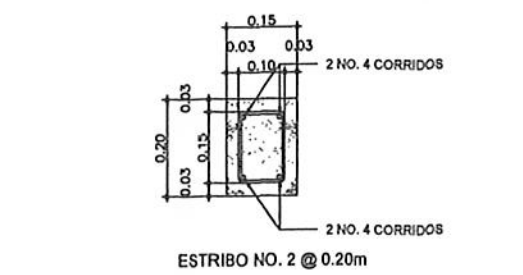
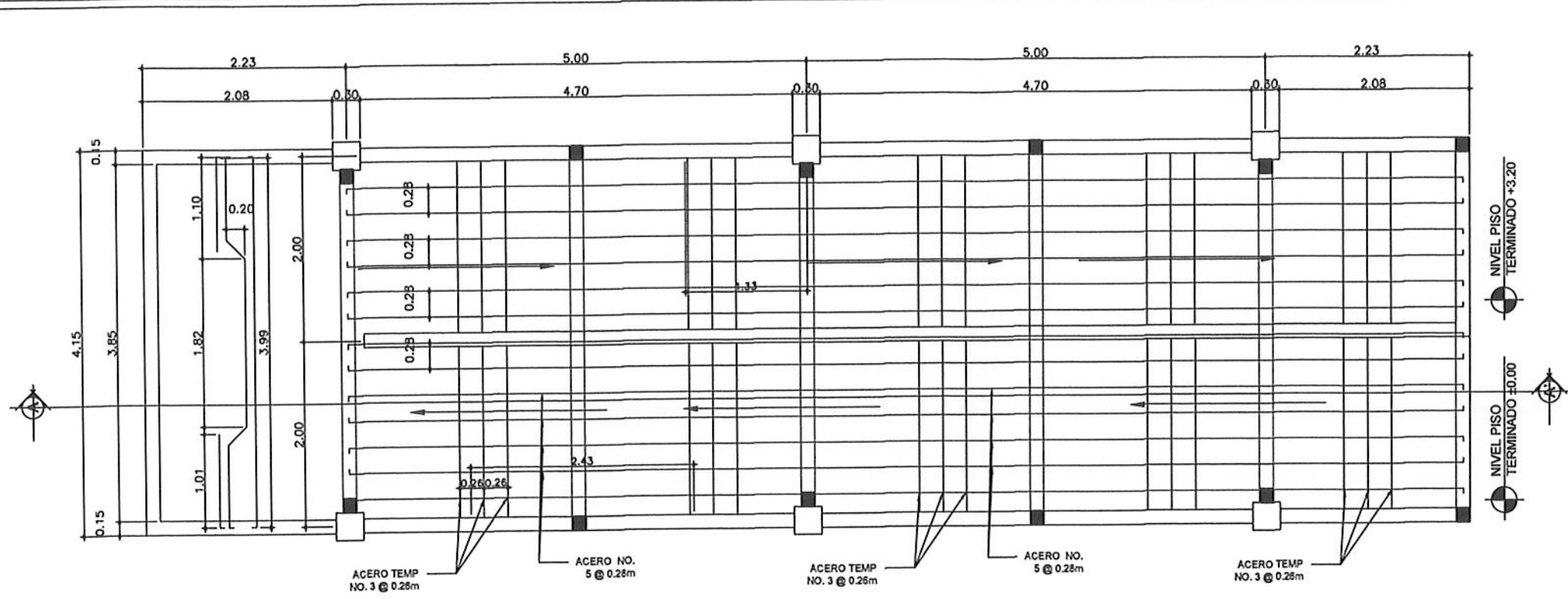
ESCALA 1:15 (4) L-11



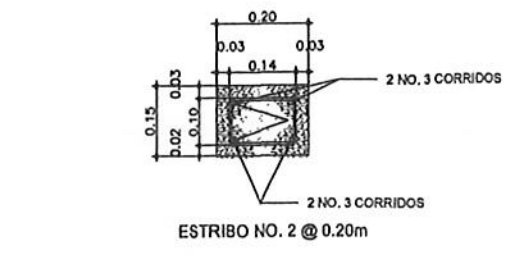
CORTE
VIGA TIPO 3

ESCALA 1:10 (1) L-13

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS		
	Proyecto: ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA		
Diseñó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Corrió: JEFFREY ARGUETA GALVEZ	PLANTA Y SECCIONES DE GRADAS	
Dibuñó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Escala: INDICADA		HOJA No. 12 / 13
Fecha: JULIO 2, 015	Ing. José Rodríguez Serrano ASesor - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Ingeniería y EPS		Facultad de Ingeniería



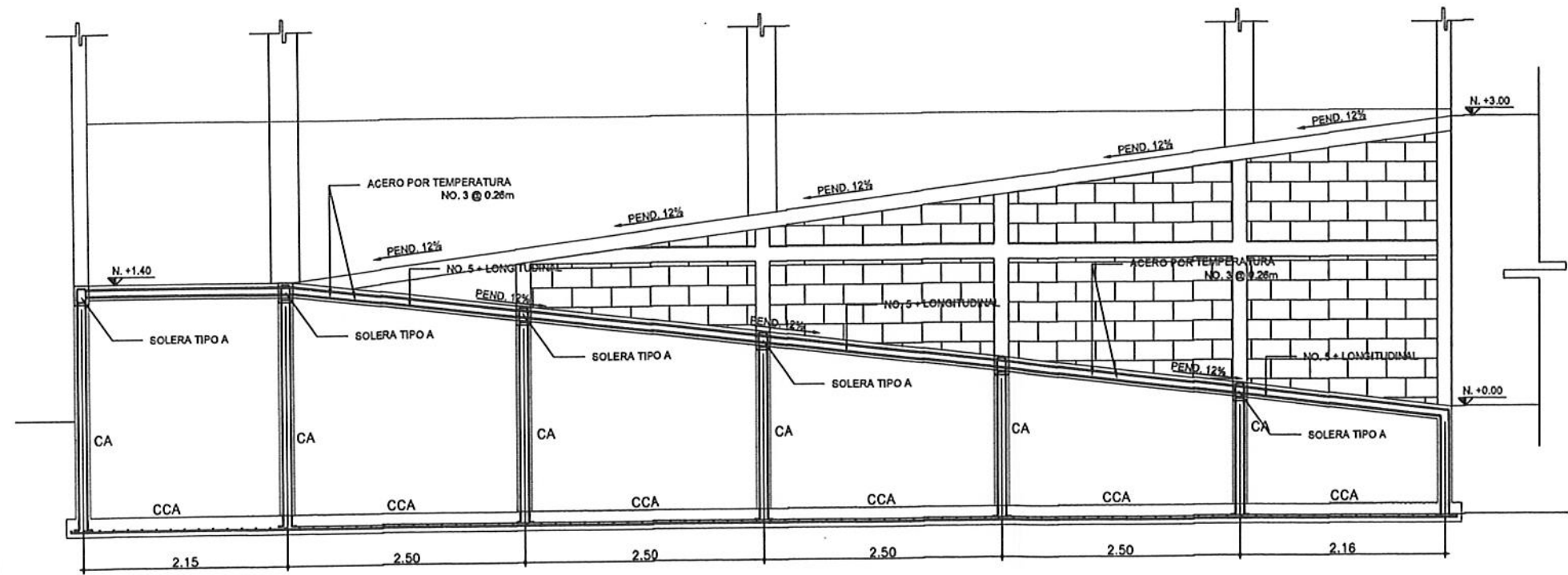
CORTE SOLERA TIPO SA ESCALA 1:10 1 L-13



CORTE COLUMNA TIPO CA ESCALA 1:10 3 L-13

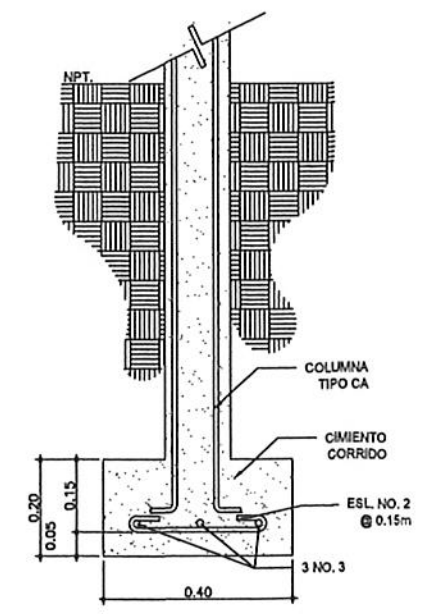
PLANATA DE RAMPA
ASILO VILLA CANALES

ESCALA 1:40 1 L-13



SECCION A-A'
RAMPA

ESCALA 1:40 2 L-13



CORTE CIMENTO TIPO CCA ESCALA 1:10 4 L-11

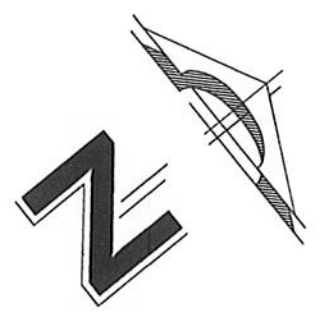
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Proyecto:
ASILO MUNICIPAL, VILLA CANALES, GUATEMALA

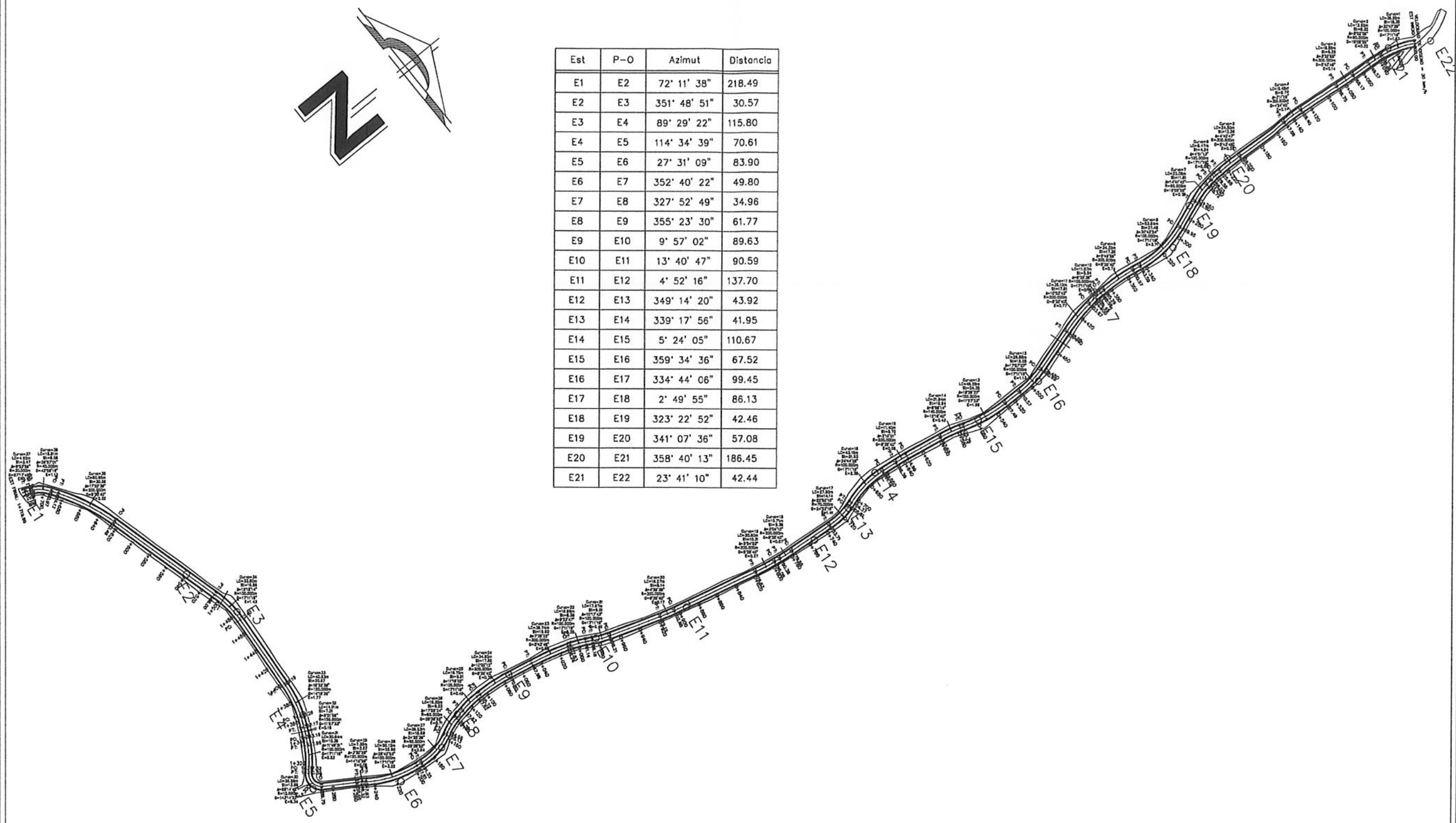
Disño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
Cálculo: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
Escala: INDICADA
Fecha: JULIO 2015

Contenido:
Emitido: JEFFREY ARGUETA
Revisado: Ina Silvia José Rodríguez Serrano
Asesor - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

HOJA No. 3 / 13

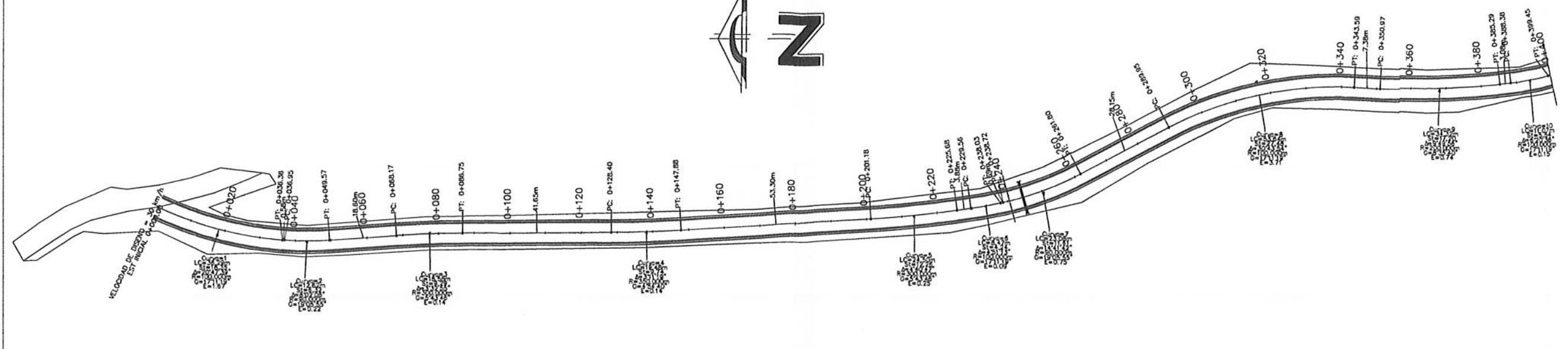


Est	P-O	Azmut	Distancia
E1	E2	72° 11' 38"	218.49
E2	E3	351° 48' 51"	30.57
E3	E4	89° 29' 22"	115.80
E4	E5	114° 34' 39"	70.61
E5	E6	27° 31' 09"	83.90
E6	E7	352° 40' 22"	49.80
E7	E8	327° 52' 49"	34.96
E8	E9	355° 23' 30"	61.77
E9	E10	9° 57' 02"	89.63
E10	E11	13° 40' 47"	90.59
E11	E12	4° 52' 16"	137.70
E12	E13	349° 14' 20"	43.92
E13	E14	339° 17' 56"	41.95
E14	E15	5° 24' 05"	110.67
E15	E16	359° 34' 36"	67.52
E16	E17	334° 44' 06"	99.45
E17	E18	2° 49' 55"	86.13
E18	E19	323° 22' 52"	42.46
E19	E20	341° 07' 36"	57.08
E20	E21	358° 40' 13"	186.45
E21	E22	23° 41' 10"	42.44

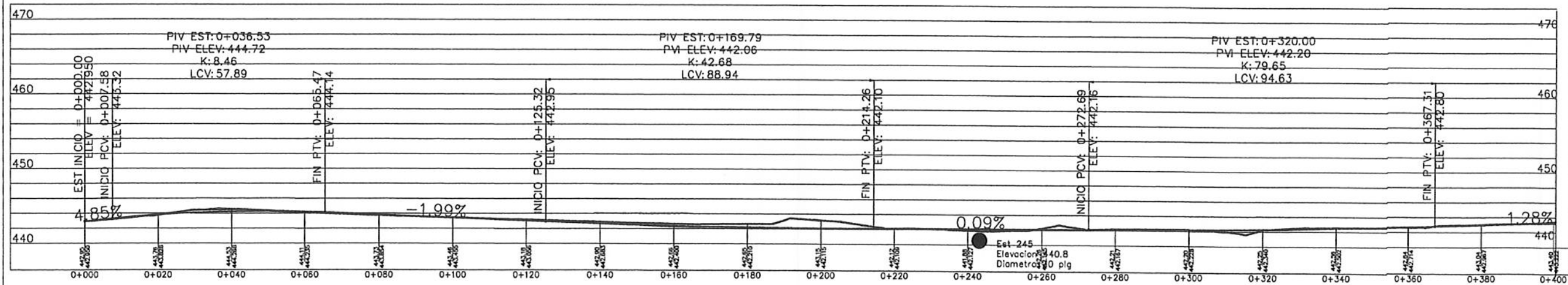


PLANTA CARRETERA QUE DIRIGE HACIA EL CEMENTERIO
 CARRETERA 1:1750 1 L-03

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS		
	Proyecto : CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIA EN LA ALDEA EL TABLÓN		
Diseñó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Contenido: PLANTA GENERAL CARRETERA PAVIMENTADA		
Dibujó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Universidad de San Carlos de Guatemala Ing. Silvio José Rodríguez Serrano ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		
Escala: INDICADA	Hoja No. 9		
Fecha: AGOSTO 2,015	Facultad de Ingeniería		



PLANTA 0+000 A 0+400
CARRETERA 1:500 1 L-03



PERFIL 0+000 A 0+400
CARRETERA ESCALA V1/1500 H: 1/600 2 L-03

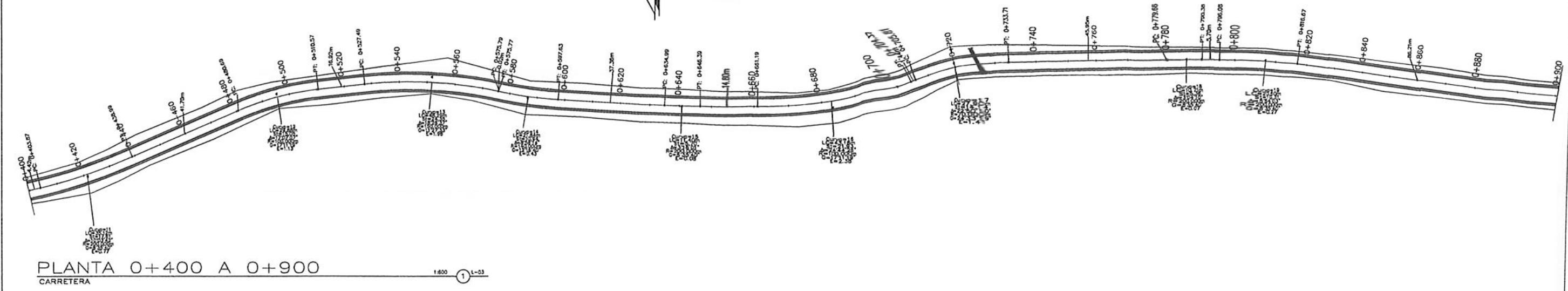
SIMBOLOGIA	
ANULO	DESCRIPCION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	LONGITUD DE CURVA
SE	SUBTANGENTE
Δ	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
Q	GRADO DE CURVATURA
—	LINIA CENTRAL
+	ESTACION
●	DRENAJE TRANSVERSAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

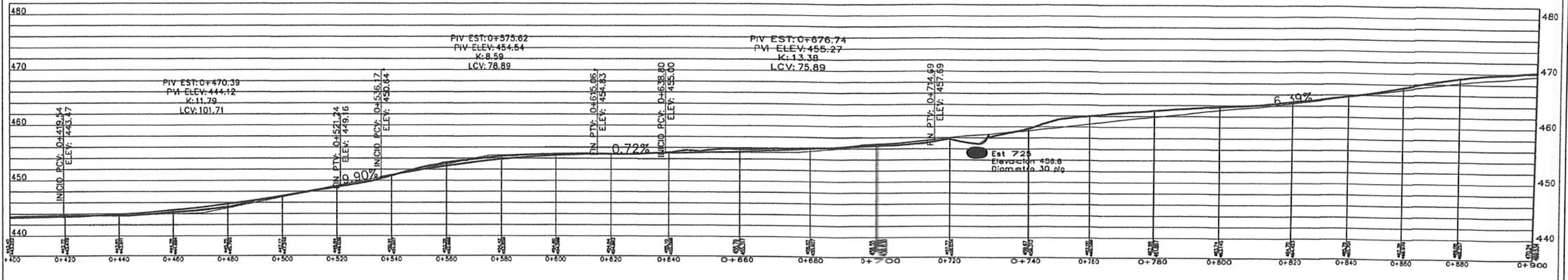
Proyecto : CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIA EN LA ALDEA EL TABLÓN

Disño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Contenido: PLANTA Y PERFIL
Dibujó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Escala: INDICADA
Fecha: AGOSTO 2,015	Asesor: Ing. Julio José Rodríguez Serrano ASesor - SUPERVISOR DE EPS

No. 2
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Ing. Julio José Rodríguez Serrano (Asesor EPS)
 Facultad de Ingeniería




PLANTA 0+400 A 0+900
CARRETERA




PERFIL 0+400 A 0+900
CARRETERA

SIMBOLOGIA	
SYMBOL	DESCRIPCION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	LONGITUD DE CURVA
R	SUB TANGENTE
Δ	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION
●	DRENAJE TRANSVERSAL

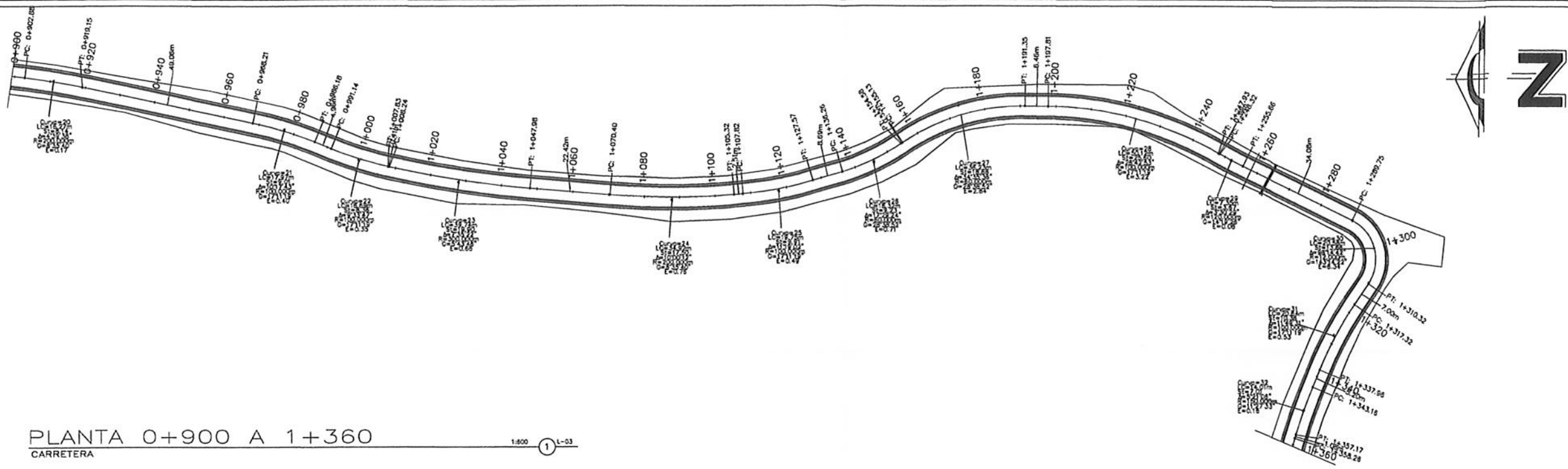


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS



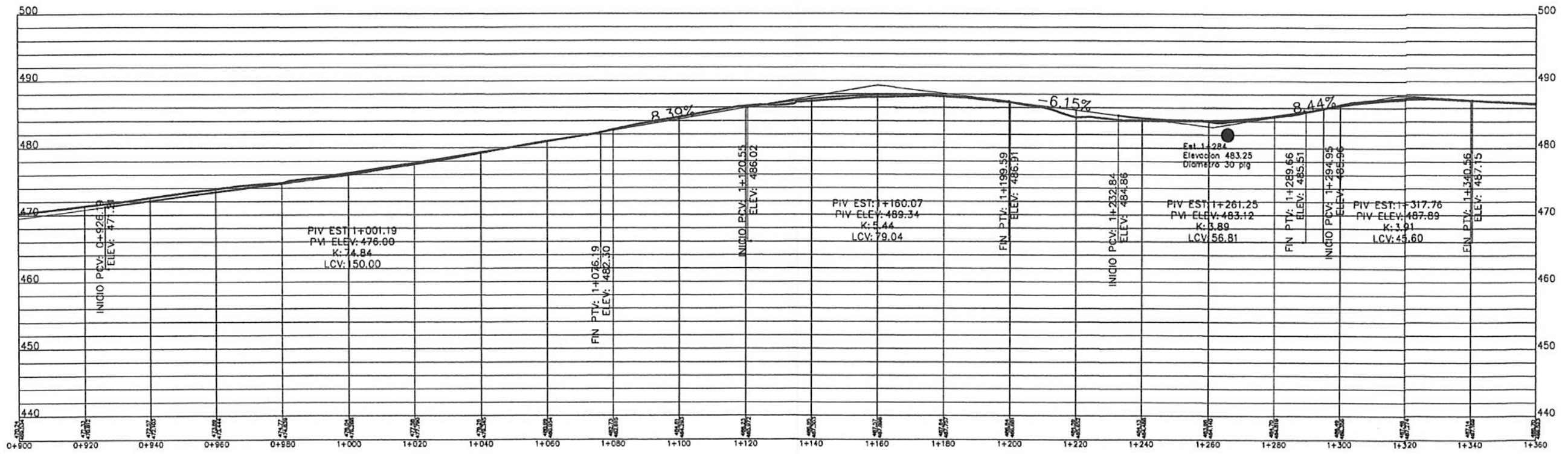
Proyecto: CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN

Diseño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Colaborador: PLANTA - PERFIL EST 0+400 A 0+900
Dibujo: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Colaborador: San Carlos de Guatemala
Escala: INDICADA	HOJA No. 9
Fecha: AGOSTO 2,015	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería



PLANTA 0+900 A 1+360
CARRETERA

1:800 ① L-03



PERFIL 0+900 A 1+360
CARRETERA

ESCALA V. 1/1500 H. 1/800 ② L-03

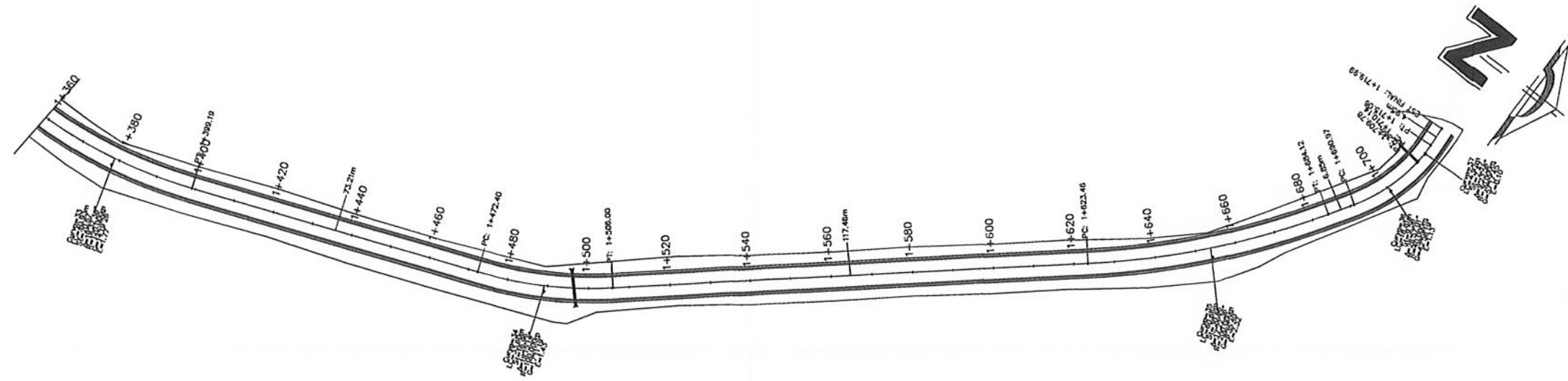
SIMBOLOGIA	
SYMBOL	DESCRIPTION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	LONGITUD DE CURVA
Bt	SUB TANGENTE
Δ	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
Q	GRADO DE CURVATURA
—	LINSA CENTRAL
+	ESTACION
●	DRENAJE TRANSVERSAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Proyecto : CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIA EN LA ALDEA EL TABLÓN

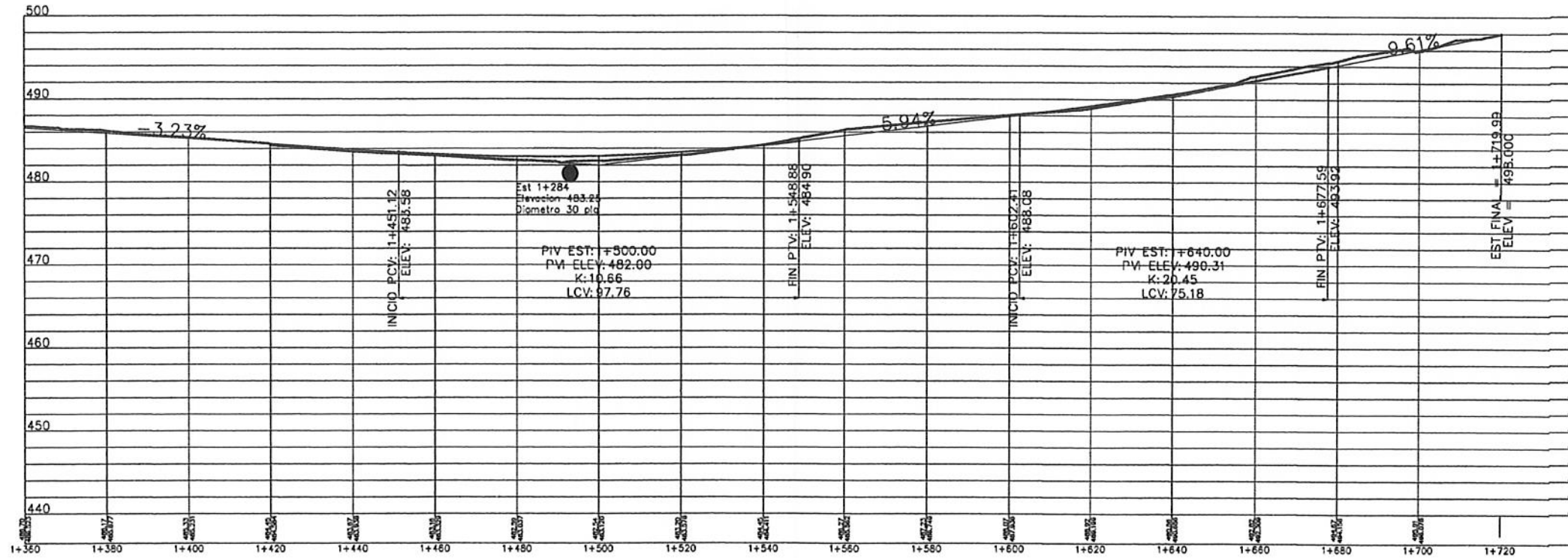
Diseñó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Dibujo: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Escala: INDICADA Fecha: AGOSTO 2,015	Contenido: PLANTA - PERFIL EST. 0+900 A 1+360 Profesor Supervisor de EPS: Ing. Silvio José Rodríguez Serrano Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

HOJA No. 4 / 9



PLANTA 1+360 A 1+720
CARRETERA

1:800 ① L-03



PERFIL 1+360 A 1+720
CARRETERA

ESCALA V. 1/1500 H. 1/800 ② L-03

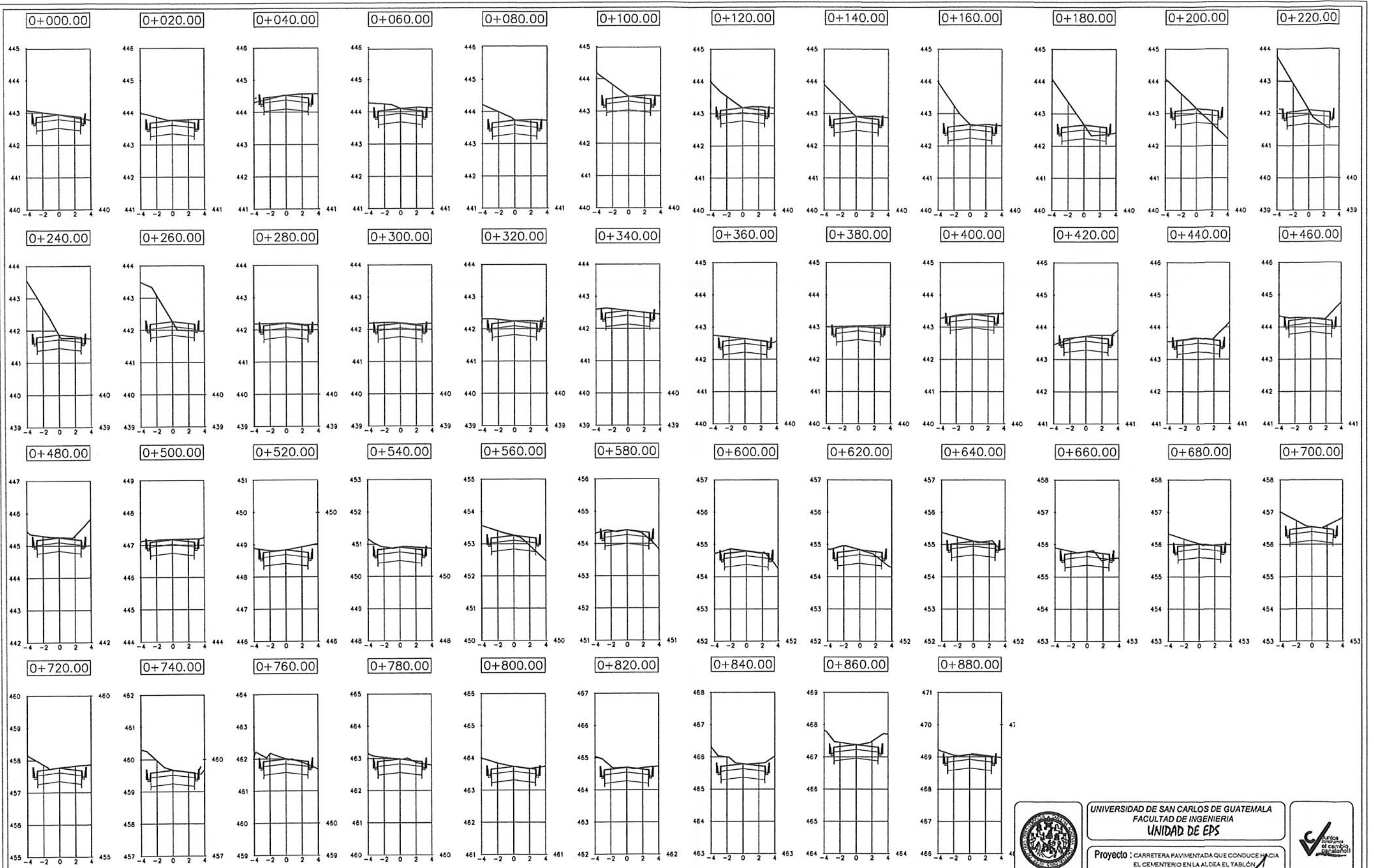
SIMBOLOGIA	
SIEMBLO	DESCRIPCION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	LONGITUD DE CURVA
St	SUB TANGENTE
△	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
—	LINES CENTRAL
+	ESTACION
●	CREVAJE TRANSVERSAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Proyecto: CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN

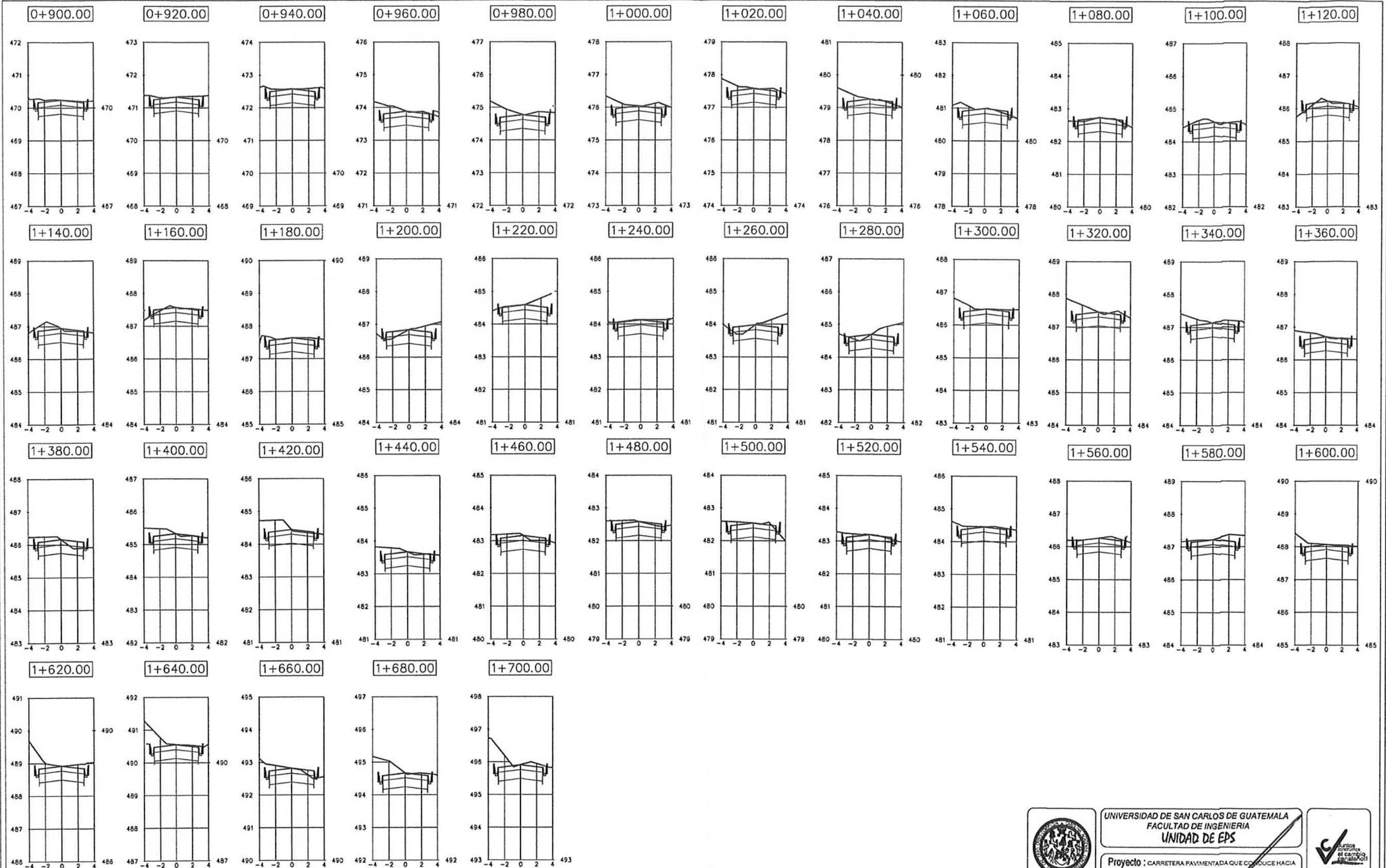
Diseño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Contenido: PLANTA - PERFIL
Dibujo: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	ESTACIONES 1+360 A 1+720
Escala: INDICADA	Proyecto: JEFFREY ARGUETA
Fecha: AGOSTO 2015	Asesor: SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

Asesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 No. 9
 Facultad de Ingeniería



SECCIONES TRANSVERSALES
 CARRETERA
 ESCALA 1:150 ① L-01

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS		
	Proyecto: CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN		
Diseñó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Contenido: SECCIONES TRANSVERSALES		
Dibujó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Calculó: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ		
Escala: INDICADA	Verificado: Ing. Silvio José Rodríguez Serrano ASESOR SUPERVISOR DE EPS Ing. Juan Carlos Rodríguez Serrano ASESOR SUPERVISOR DE EPS		
Fecha: JULIO 2, 015	No. 9 Facultad de Ingeniería		



SECCIONES TRANSVERSALES ESCALA 1:150 1 L-51
CARRERA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS		
	Proyecto: CARRERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN		
Disño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Contenido: SECCIONES TRANSVERSALES		
Dibujo: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ	Escala: INDICADA		
Fecha: JULIO 2, 015	Hoja No. 8 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano ASESOR / SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería		

Tabla de volúmenes


EST	Área metros cuadrados		Volumen metros cúbicos		Volumen acumulados metros cúbicos	
	Relleno	Corte	Corte	Relleno	Relleno	Corte
0+000.00	0.09	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	0.84	0.99	12.99	0.99	12.99
0+040.00	0.14	0.38	1.36	12.16	2.35	25.15
0+060.00	0.00	0.98	1.38	13.58	3.73	38.74
0+080.00	0.00	1.34	0.06	23.25	3.80	61.99
0+100.00	0.00	1.72	0.07	30.61	3.87	92.60
0+120.00	0.00	1.71	0.07	34.26	3.93	126.86
0+140.00	0.00	2.09	0.08	37.90	4.01	164.77
0+160.00	0.02	2.36	0.25	44.43	4.26	209.20
0+180.00	0.74	2.55	7.59	49.11	11.85	258.31
0+200.00	1.29	1.76	20.28	43.11	32.14	301.42
0+220.00	1.23	2.89	25.39	46.14	57.53	347.56
0+240.00	0.21	3.09	14.55	58.98	72.08	406.52
0+260.00	0.68	2.76	9.03	57.01	81.11	463.53
0+280.00	0.01	0.32	6.93	30.83	88.04	494.36
0+300.00	0.01	0.43	0.20	7.61	88.24	501.97
0+320.00	0.01	0.50	0.15	9.45	88.39	511.42
0+340.00	0.01	0.46	0.22	9.78	88.61	521.20
0+360.00	0.04	0.47	0.53	9.29	89.14	530.49
0+380.00	0.01	0.47	0.46	9.39	89.59	539.88
0+400.00	0.02	0.38	0.24	8.62	89.83	548.50
0+420.00	0.12	0.37	1.36	7.56	91.19	556.06
0+440.00	0.01	0.64	1.32	10.17	92.51	566.22
0+460.00	0.00	0.81	0.14	14.48	92.64	580.70
0+480.00	0.00	1.04	0.01	18.48	92.66	599.18
0+500.00	0.01	0.46	0.08	14.90	92.74	614.08
0+520.00	0.00	0.73	0.10	11.89	92.84	625.98
0+540.00	0.01	0.57	0.13	12.96	92.97	638.94
0+560.00	0.82	0.71	8.18	12.93	101.15	651.86
0+580.00	0.35	0.15	11.59	8.68	112.74	660.55
0+600.00	0.17	0.33	5.24	4.70	117.98	665.25
0+620.00	0.50	0.49	6.67	8.20	124.65	673.44
0+640.00	0.07	0.77	5.76	12.54	130.41	685.98
0+660.00	0.35	0.32	4.27	10.82	134.68	696.79
0+680.00	0.03	0.84	3.89	11.42	138.57	708.21
0+700.00	0.00	1.32	0.32	21.39	138.89	729.60
0+720.00	0.00	0.99	0.01	23.25	138.90	752.85
0+740.00	0.04	1.27	0.40	23.01	139.30	775.86
0+760.00	0.15	0.81	1.95	18.87	141.25	794.73
0+780.00	0.09	0.47	2.47	10.79	143.72	805.52
0+800.00	0.01	0.74	1.01	12.08	144.73	817.60
0+820.00	0.01	0.74	0.23	14.82	144.96	832.42
0+840.00	0.00	1.15	0.13	18.84	145.10	851.26
0+860.00	0.00	1.26	0.00	24.06	145.10	875.32
0+880.00	0.03	0.40	0.28	16.55	145.38	891.88
0+900.00	0.01	0.42	0.37	8.19	145.75	900.07
0+920.00	0.00	0.53	0.11	9.57	145.86	909.64
0+940.00	0.00	0.54	0.04	10.75	145.90	920.40
0+960.00	0.03	0.88	0.27	14.24	146.17	934.64
0+980.00	0.00	1.28	0.27	21.75	146.44	956.40
1+000.00	0.00	0.95	0.06	22.32	146.49	978.71
1+020.00	0.02	0.74	0.22	16.81	146.72	995.52
1+040.00	0.10	0.73	1.19	14.53	147.90	1010.05
1+060.00	0.16	0.47	2.58	11.95	150.49	1022.00
1+080.00	0.20	0.08	3.54	5.51	154.03	1027.51
1+100.00	0.06	0.50	2.57	5.76	156.60	1033.27
1+120.00	0.36	0.14	4.15	6.38	160.75	1039.66
1+140.00	0.15	0.80	5.02	7.36	165.78	1047.01
1+160.00	0.20	0.17	3.43	7.64	169.21	1054.66
1+180.00	0.02	0.42	2.24	5.88	171.45	1060.54

Tabla de volúmenes

EST	Área metros cuadrados		Volumen metros cúbicos		Volumen acumulados metros cúbicos	
	Relleno	Corte	Corte	Relleno	Relleno	Corte
1+200.00	0.48	0.61	5.12	10.16	176.57	1070.70
1+220.00	0.02	0.83	5.15	14.11	181.72	1084.81
1+240.00	0.01	0.35	0.34	11.63	182.06	1098.44
1+260.00	0.49	0.82	4.99	11.67	187.05	1108.11
1+280.00	0.24	1.07	7.25	18.89	194.30	1126.99
1+300.00	0.00	0.74	2.58	17.71	196.88	1144.71
1+320.00	0.05	1.08	0.50	19.41	197.38	1164.11
1+340.00	0.00	1.05	0.51	21.05	197.89	1185.16
1+360.00	0.04	0.73	0.43	17.72	198.32	1202.88
1+380.00	0.54	0.51	5.90	12.27	204.22	1215.15
1+400.00	0.09	0.76	6.35	12.48	210.57	1227.64
1+420.00	0.15	1.16	2.37	19.13	212.93	1246.77
1+440.00	0.09	0.68	2.36	18.42	215.29	1265.19
1+460.00	0.29	0.42	3.70	11.02	218.99	1276.21
1+480.00	0.16	0.39	4.50	8.01	223.49	1284.22
1+500.00	0.19	0.40	3.64	7.78	227.13	1291.98
1+520.00	0.08	0.36	2.80	7.59	229.93	1299.57
1+540.00	0.01	0.52	0.94	8.85	230.87	1308.43
1+560.00	0.03	0.30	0.35	8.22	231.22	1316.65
1+580.00	0.01	0.75	0.34	10.45	231.56	1327.09
1+600.00	0.01	0.64	0.15	13.83	231.72	1340.93
1+620.00	0.00	1.27	0.07	19.13	231.78	1360.08
1+640.00	0.01	1.15	0.07	24.11	231.85	1384.17
1+660.00	0.36	0.52	3.69	16.55	235.54	1400.72
1+680.00	0.02	1.47	3.84	19.69	239.38	1420.41
1+700.00	0.02	1.54	0.48	29.38	239.86	1449.60

VOLUMEN DE CORTE Y RELLENO
CARRETERA

ESCALA 1:150 1 L-01



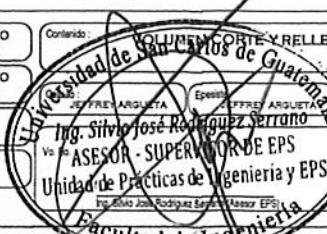
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS



Proyecto: CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN

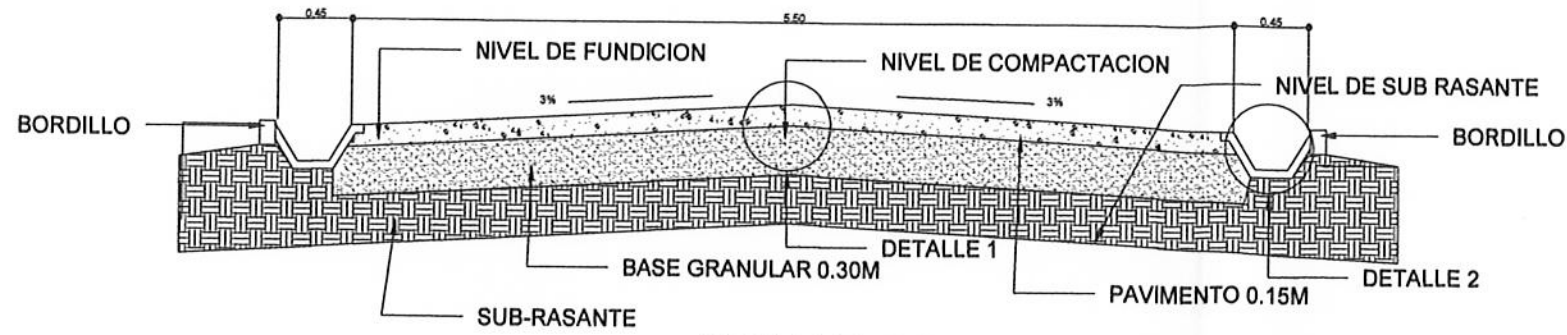
Diseño: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
Dibujo: JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ
Escala: INDICADA
Fecha: JULIO 2, 015

Contenido: VOLUMEN DE CORTE Y RELLENO

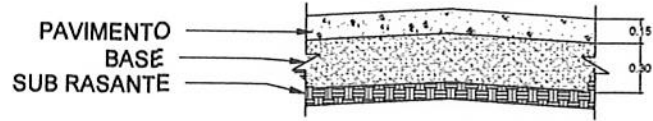


Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

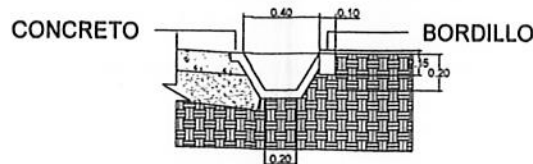
HOJA No. 8 / 9



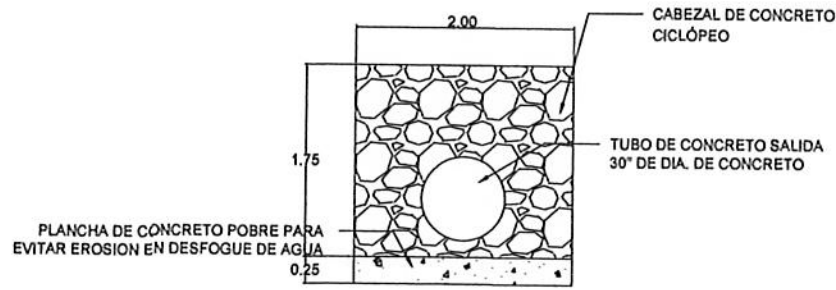
DETALLE DE GARABITO
CARRETERA SIN ESCALA 1 L-01



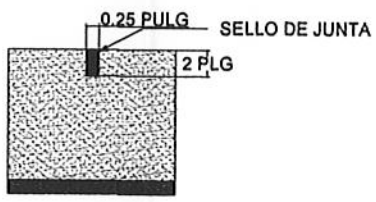
DETALLE CAPAS
CARRETERA SIN ESCALA 2 L-01



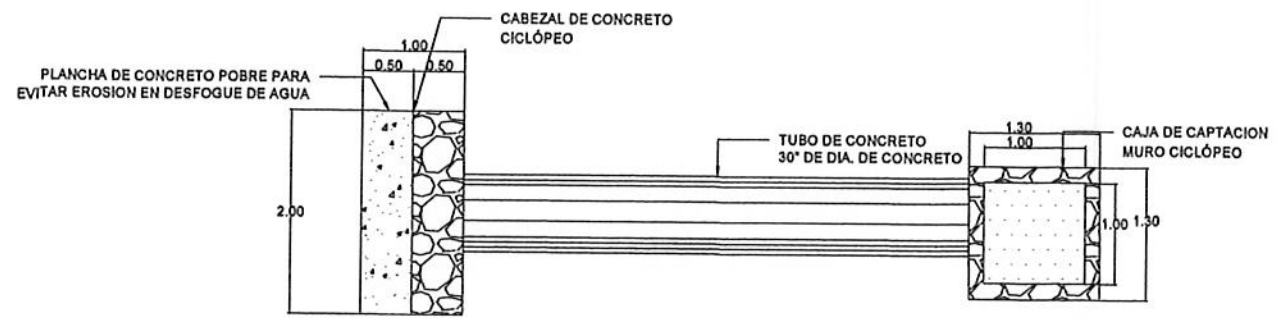
DETALLE DE CUNETA
CARRETERA SIN ESCALA 3 L-01



DETALLE DRENAJE TRANSVERSAL
CARRETERA SIN ESCALA 4 L-01



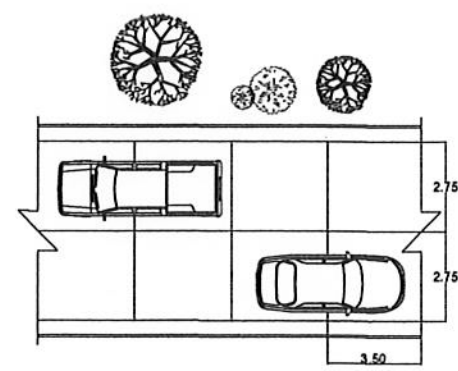
DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL
CARRETERA SIN ESCALA 5 L-01



DETALLE DRENAJE TRANSVERSAL
CARRETERA SIN ESCALA 6 L-01

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL PAVIMENTO DE CONCRETO

- SUB-RASANTE**
- El terreno no es apto para utilizarse como una Sub rasante, se debe agregar 30 cm de material selecto con una propiedad del CBR al 20%, hasta alcanzar un 95% de compactación, en su humedad óptima.
- BASE**
- El espesor de la base debe ser de 10 cm
 - El material selecto utilizado para la sub-base deberá tener un C.B.R de 90% como mínimo de compactación, dicho material deberá ser distribuido y compactado manteniendo el espesor descrito anteriormente, también dicho material deberá estar libre de toda materia orgánica, basura u otro material perjudicial para la carretera.
- CONCRETO PARA LOSAS**
- El concreto utilizado debe tener una resistencia mínima a la compresión de $f_c = 281 \text{ kg/m}^2$ (4 000 PSI) a los 28 días después de su fundición, un módulo de ruptura $M_r = 42 \text{ kg/cm}^2$ y una proporción de 1: 1,7:2,4 lo que corresponde a 10 sacos de cemento, 0,60 m³ de arena 0,75 m³ de piedrín 1" y 195 litros de agua para un metro cubico de concreto.
 - El cemento utilizado debe ser del tipo I o II según AASHTO M85-63
 - Los agregados utilizados deben ser de calidad y libres de toda materia orgánica o basuras que puedan dañar el concreto.
 - Queda a criterio del contratista aplicar los aditivos que considere necesarios para hacer el concreto más trabajable, para acelerar o retardar el fraguado del concreto.
- LOSAS DE CONCRETO**
- El espesor de la losa de concreto debe de ser de 13cm.
 - Luego de colocado el concreto el mismo debe ser compactado con vibradores.
 - Las losas deberán llevar texturizado y la forma de realizarlo quedara a criterio del contratista.
 - Una vez fundidas, texturizadas y ranuradas las losas deben ser curadas como mínimo durante los siguientes 7 días de su fundición,
 - Luego de fundidas las losas se les debe aplicar antisol.
- JUNTAS**
- Las juntas transversales tendrán un espaciamento de 3 m.
 - Al centro de la sección se colocara la junta longitudinal la cual dividirá en dos carriles el ancho de la vía.
 - Cuando por algún motivo se paralice la fundición de alguna losa deberá colocarse una junta de trabajo.
 - Todas las juntas deben realizarse en un tiempo considerable luego de fundida la losa, debe evitarse realizar las juntas en un tiempo corto o prolongado para evitar desmoronamiento o agrietamiento en la losa, para el área de Villa Canales se considera un periodo adecuado de 6 a 8 horas después de la fundición.
 - Antes de sellar las juntas estas deben ser limpiadas y secadas con aire.
 - El material utilizado para el sellado de las juntas será no absorbente ni reactivo.
- NOTAS:**
- El ancho de las cunetas será de 20cm y el espesor de las paredes de las mismas será de 2.5 cm pudiendo variar a conveniencia del ejecutor.
 - El bombeo de la calzada debe ser de 3%.

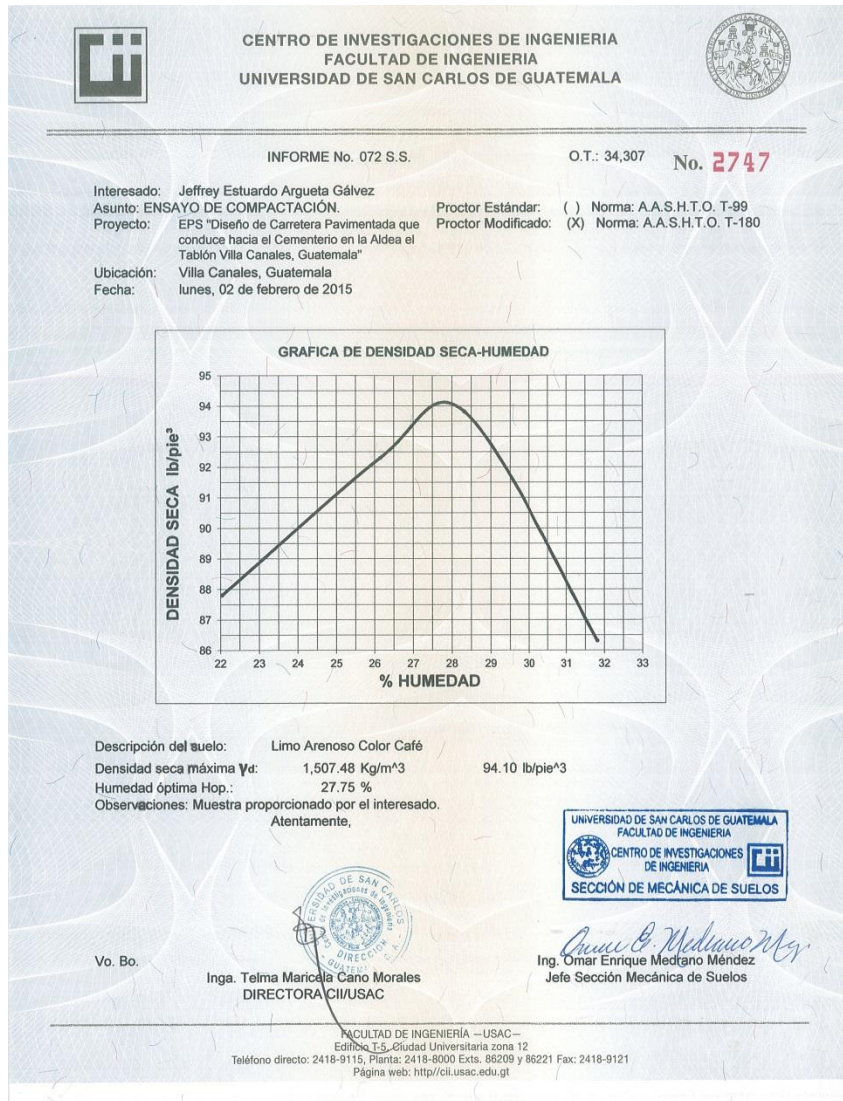


PLANTA TIPICA
CARRETERA SIN ESCALA 7 L-01

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE EPS	
	Proyecto : CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE HACIA EL CEMENTERIO EN LA ALDEA EL TABLÓN	
Diseñó : JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Cálculo : JEFFREY ESTUARDO ARGUETA GALVEZ Escala : INDICADA Fecha : AGOSTO 2015	Contenido : DETALLE Y ESPECIFICACIONES Universidad de San Carlos de Guatemala Ing. Jeffrey Argueta No. 9 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano ASISTENTE - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería	No. 9

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de compactación



Fuente: CII/USAC.

Anexo 2. Ensayo de peso específico del suelo

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA							
INFORME No. 069 S.S. O.T.: 34,306 No. 2741								
INTERESADO:	Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez							
PROYECTO:	EPS "Diseño del Asilo Municipal en Villa Canales, Guatemala"							
ASUNTO:	ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL SUELO							
UBICACION:	Villa Canales, Guatemala							
FECHA:	lunes, 02 de febrero de 2015							
RESULTADOS:								
	<table border="1"><thead><tr><th>MUESTRA</th><th>PESO ESPECÍFICO MASA DE SUELO</th><th>DESCRIPCIÓN</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>1.87 gr/cm³</td><td>Limo Arenoso Color Café</td></tr></tbody></table>	MUESTRA	PESO ESPECÍFICO MASA DE SUELO	DESCRIPCIÓN	1	1.87 gr/cm ³	Limo Arenoso Color Café	
MUESTRA	PESO ESPECÍFICO MASA DE SUELO	DESCRIPCIÓN						
1	1.87 gr/cm ³	Limo Arenoso Color Café						
OBSERVACIONES:	Muestra tomada por el interesado.							
	Atentamente,							
Vo. Bo.	Inga. Telma Maricela Cario Morales DIRECTORA CII/USAC	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez Jefe Sección Mecánica de Suelos						
<hr/> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC– Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://cii.usac.edu.gt</p>								

Fuente: CII/USAC.

Anexo 3. Ensayo de límites de Atterberg



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



INFORME No. 070 S.S.

O.T.: 34,307

No. 2742

Interesado: Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera Pavimentada que conduce hacia el Cementerio en la Aldea el Tablón Villa Canales, Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Villa Canales, Guatemala

FECHA: lunes, 02 de febrero de 2015

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	47.7	16.2	ML	Limo Arenoso Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.



Inga. Telma Mariqela Canó Morales
DIRECTORA CII/USAC

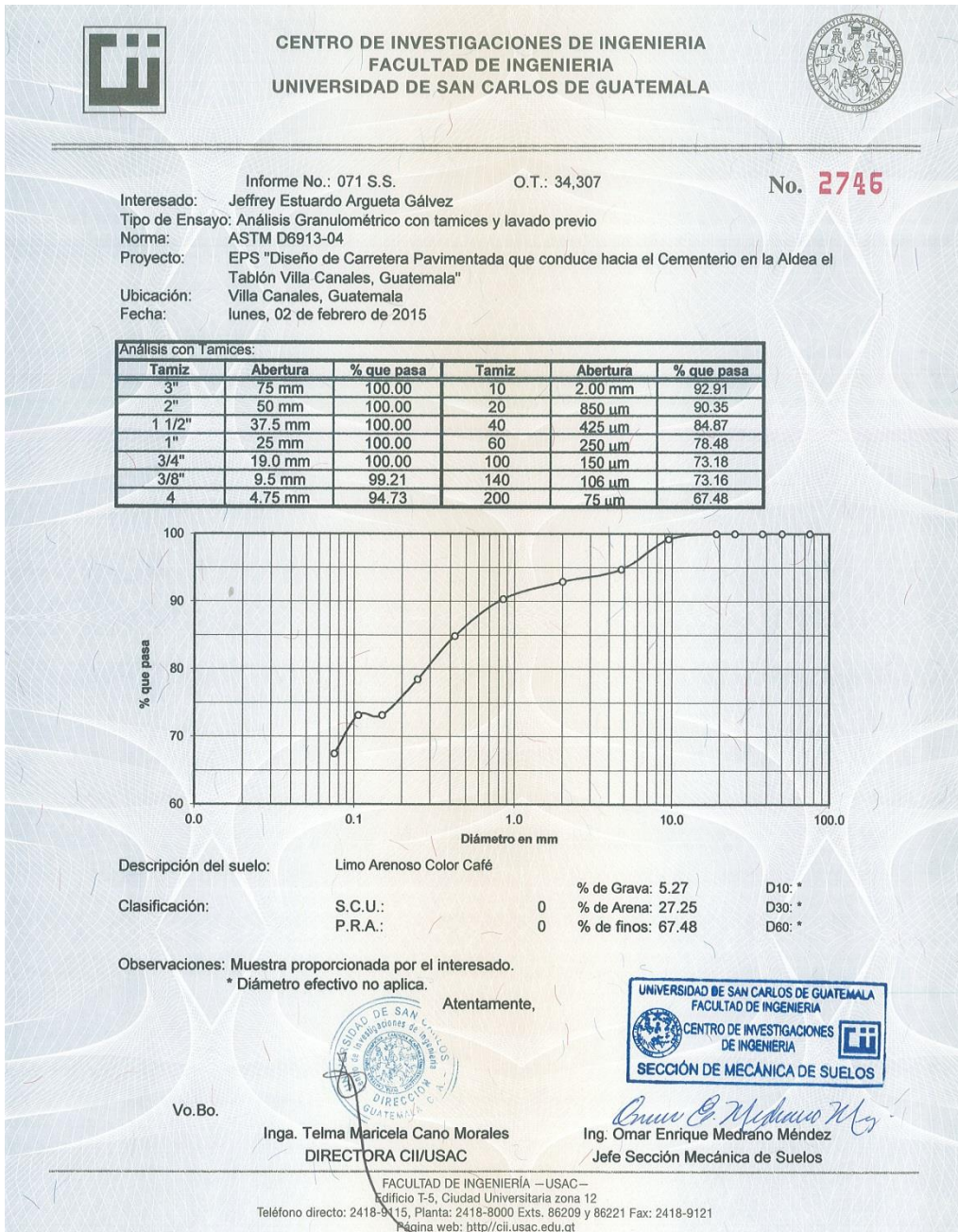


Omar Enrique Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

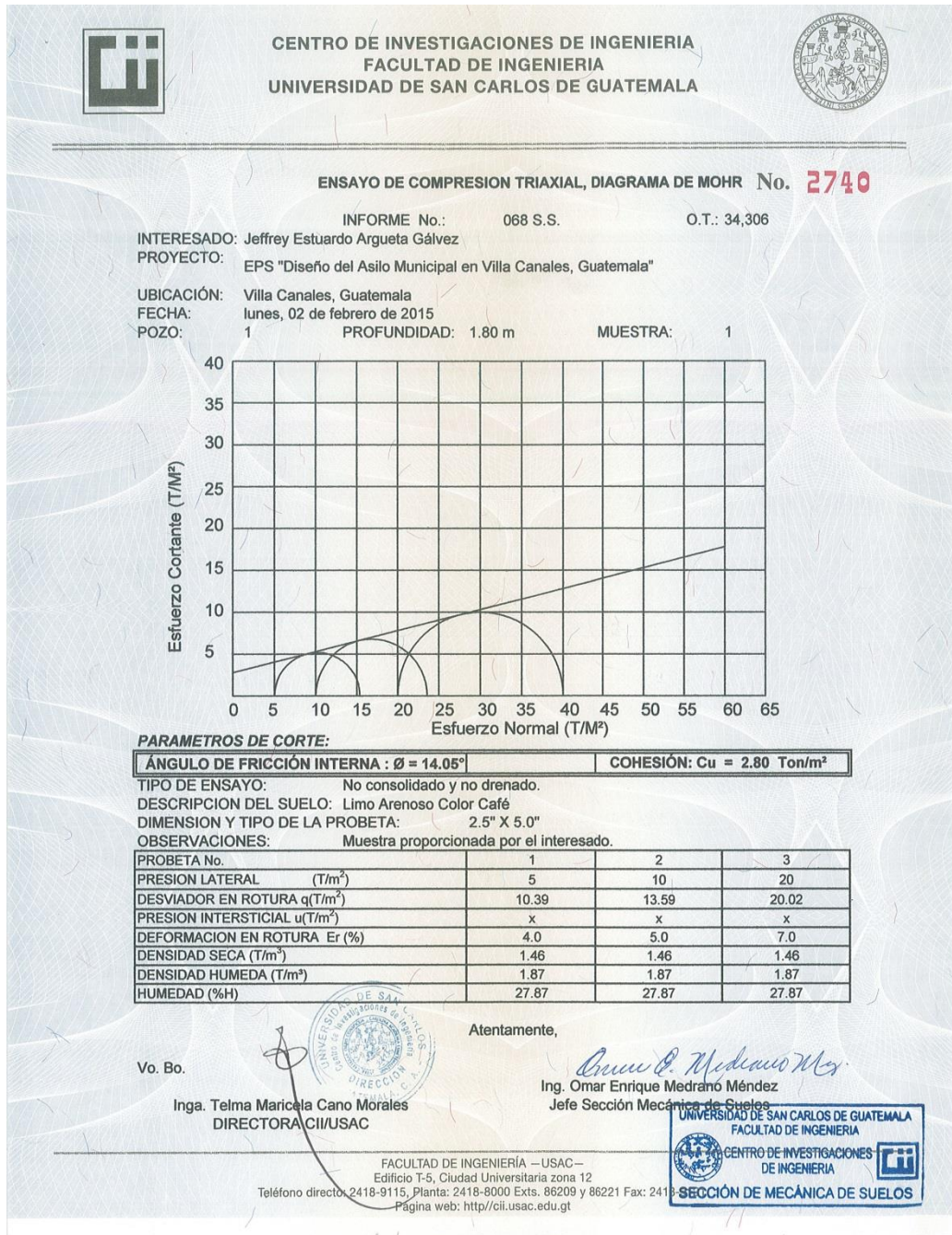
Fuente: CII/USAC

Anexo 4. Análisis granulométrico con tamices y lavado previo




Fuente: CII/USAC.

Anexo 5. Ensayo de compresión triaxial, diagrama de Mohr




Fuente: CII/USAC.

Anexo 6. Ensayo de razón soporte california



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



INFORME No. 073 S.S.

O.T. No. 34,307. **2748**

Interesado: Jeffrey Estuardo Argueta Gálvez
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de Carretera Pavimentada que conduce hacia el Cementerio en la Aldea el Tablón Villa Canales, Guatemala"
 Ubicación: Villa Canales, Guatemala
 Descripción del suelo: Limo Arenoso Color Café
 Fecha: miércoles, 05 de noviembre de 2014


PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	27.75	83.08	88.3	2.14	1.41
2	30	27.75	88.95	94.5	4.54	1.61
3	65	27.75	93.41	99.3	5.43	2.07

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION


Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
Edificio T-8, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2448-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: CII/USAC.