



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

**DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA Y DISEÑO DE
EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ,
COMITANCILLO, SAN MARCOS**

José Luis Feliciano Téraj

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, mayo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA Y DISEÑO DE
EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ,
COMITANCILLO, SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA Y DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de octubre de 2022.

José Luis Feliciano Téraj

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 07 de marzo de 2023
REF.EPS.D.98.03.2023

Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA Y DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Luis Feliciano Témax, CUI 2563 75623 1204 y Registro Académico 201331149**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



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

Guatemala, 3 de marzo 2023

Ingeniero:
Oscar Argueta Hernández
Director
Ejercicio Profesional Supervisado
Facultad de Ingeniería
Presente.

Estimado Ingeniero Argueta:

Por este medio se informa que en conjunto el Departamento de Estructuras y el Área de Topografía y Transportes, ha aprobado el trabajo de graduación: **“DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA Y DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS”**, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **José Luis Feliciano Téraj**, con CUI **2563 75623 1204** y registro académico **No. 201331149**, quien contó con la asesoría del **Ingeniero Civil Oscar Argueta Hernández**. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil.

Por lo que considero que este trabajo llena los requisitos planteados y que representa un aporte para la Facultad de Ingeniería, por lo que se aprueba al mismo, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



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

Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua

Guatemala, 28 de febrero de 2023

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
USAC



Estimado Ingeniero Fuentes:

Por este medio se informa que el Área de Topografía y Transportes, ha aprobado el trabajo de graduación denominado: **“DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA Y DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.”**, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **José Luis Feliciano Téraj**, con CUI **2563 75623 1204** y registro académico No. **201331149**, quien contó con la asesoría de la Ingeniero Civil **Oscar Argueta Hernández**. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil.

Por lo que considero que este trabajo llena los requisitos planteados y que representa un aporte para la Facultad de Ingeniería, por lo que se aprueba al mismo, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS,



Ing. Alejandro Castañón López
Coordinación de Área de
Topografía y Transportes

FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA
DE TOPOGRAFÍA
Y TRANSPORTES
COORDINACIÓN



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA Y DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS**, presentado por: **José Luis Feliciano Téraj**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, abril de 2023



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.393.2023

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA Y DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS**, presentado por: **José Luis Feliciano Téraj**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, mayo de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida y la sabiduría para poder alcanzar este logro.
- Mis padres** Abel Feliciano y Alba Téraj, por su paciencia, amor y el apoyo incondicional que siempre me han brindado para la obtención de este logro.
- Mis hermanos** Por su apoyo incondicional.
- Mis amigos** Por las experiencias, el apoyo y los momentos compartidos a lo largo de esta etapa.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y brindarme todos los conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por abrir las puertas de sus aulas para mi formación académica y profesional.
Mi familia	Por todo su aprecio, apoyo y consejos que me brindaron durante esta etapa.
Ing. Oscar Argueta	Por su asesoría, apoyo y consejos durante mi Ejercicio Profesional Supervisado.
Mis compañeros y amigos	Por los momentos inolvidables compartidos y su apoyo incondicional para alcanzar esta meta.
Municipalidad de Comitancillo, San Marcos	Por darme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de Comitancillo, departamento de San Marcos	1
1.1.1. Aspectos Generales	1
1.1.2. Ubicación de proyectos	2
1.1.3. Ubicación geográfica	3
1.1.4. Topografía	3
1.1.5. Colindancias	4
1.1.6. Vías de acceso	4
1.1.7. Clima	5
1.1.8. Demografía.....	5
1.1.8.1. Población.....	5
1.1.8.2. Distribución de viviendas	7
1.1.8.3. Tipología de viviendas	7
1.1.9. Actividad económica.....	8
1.1.10. Servicios existentes	8
1.1.10.1. Estatales.....	8
1.1.10.2. Municipales.....	9

1.1.10.3.	Privados	11
2.	DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO SAN MARCOS	13
2.1.	Descripción del proyecto	13
2.2.	Estudio topográfico.....	13
2.2.1.	Planimetría	14
2.2.2.	Altimetría	14
2.3.	Estudio de suelos	14
2.3.1.	Ensayo triaxial	14
2.4.	Normas para el diseño arquitectónico de centros educativos ..	16
2.4.1.	Criterios generales	16
2.4.2.	Criterios de conjunto	17
2.4.3.	Criterios de iluminación	18
2.4.4.	Otros criterios	19
2.4.5.	Instalaciones	19
2.4.6.	Diseño arquitectónico	20
2.4.6.1.	Altura del edificio	21
2.4.6.2.	Áreas del edificio	21
2.5.	Descripción del sistema estructural de mampostería	22
2.5.1.	Ventajas estructurales de la mampostería reforzada	23
2.6.	Cargas que afectan la estructura	23
2.7.	Análisis estructural del edificio	26
2.7.1.	Análisis simplista	27
2.7.2.	Limitaciones del método simplista.....	27
2.7.3.	Procedimiento de análisis.....	28
2.7.4.	Análisis estructural de la mampostería reforzada a través del método de análisis simplista	28

2.8.	Integración de cargas	28
2.8.1.	Cálculo de cargas gravitacionales	29
2.8.2.	Cálculo de cargas por nivel	30
2.9.	Guía para establecer la estructura sismo resistente según AGIES.....	32
2.10.	Corte basal	43
2.10.1.	Distribución de fuerzas por nivel.....	49
2.10.2.	Cálculo de momentos de volteo.....	50
2.11.	Solución por análisis simplista.....	51
2.11.1.	Localización del centro de masa.....	53
2.11.2.	Localización del centro de rigidez.....	55
2.11.3.	Excentricidades	66
2.12.	Diseño de mampostería.....	67
2.12.1.	Esfuerzos admisibles.....	75
2.12.1.1.	Cálculo de esfuerzo axial máximo permitido.....	75
2.12.1.2.	Cálculo de esfuerzo flexionante máximo permitido	76
2.12.1.3.	Cálculo de esfuerzo de corte	76
2.12.1.4.	Cálculo de esfuerzo de tensión.....	77
2.12.2.	Diseño de muros.....	77
2.13.	Diseño de vigas	88
2.14.	Diseño de losas	102
2.15.	Diseño de cimentación	127
2.16.	Diseño de escaleras	141
2.17.	Presupuesto	148
2.18.	Cronograma de ejecución.....	149
2.19.	Evaluación ambiental	149

3.	DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.....	151
3.1.	Descripción del proyecto a desarrollar	151
3.2.	Levantamiento topográfico	151
3.3.	Estudio de suelos	152
3.4.	Ensayos de laboratorio.....	152
3.4.1.	Granulometría	152
3.4.2.	Límites de Atterberg	154
3.4.3.	Ensayo de compactación	156
3.4.4.	Ensayo de Razón Soporte California (CBR).....	157
3.4.5.	Análisis de resultados	160
3.5.	Parámetros de diseño	161
3.6.	Diseño de carrileras de concreto.....	165
3.7.	Diseño de empedrado	177
3.8.	Diseño geométrico de carreteras	180
3.9.	Estructuras de drenaje	186
3.10.	Programa de mantenimiento	192
3.11.	Presupuesto del proyecto.....	193
3.12.	Cronograma de ejecución	194
3.13.	Evaluación ambiental	194
	CONCLUSIONES.....	197
	RECOMENDACIONES	199
	BIBLIOGRAFÍA.....	201
	APÉNDICES.....	205
	ANEXOS.....	207

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Caserío Loma Linda.....	2
2.	Aldea Chicajalaj	3
3.	Población total por edad del municipio de Comitancillo	6
4.	Población total por sexo del municipio de Comitancillo.....	7
5.	Planta primer nivel.....	20
6.	Planta segundo nivel.....	21
7.	Zonificación sísmica para la república de Guatemala	36
8.	Muros estructurales primer nivel	51
9.	Muros estructurales segundo nivel.....	52
10.	Área tributaria muro D.....	78
11.	Relación modular muro	81
12.	Detalle de columnas.....	85
13.	Detalle de soleras	87
14.	Altura mínima de vigas no preesforzadas	88
15.	Área tributaria de viga en aula	90
16.	Detalle de armado de viga para aulas.....	95
17.	Área tributaria de viga en pasillo	97
18.	Detalle de armado de viga para pasillo	102
19.	Losas de entrepiso	107
20.	Losa 2 entrepiso.....	108
21.	Losa 3 entrepiso.....	109
22.	Losas de techo.....	111
23.	Losa 1 techo.....	112

24.	Losa 2 techo	113
25.	Balance de momentos	115
26.	Momentos finales en losa de entrepiso.....	118
27.	Momentos finales en losa de techo.....	119
28.	Armado de losa de entrepiso	125
29.	Armado de losa de techo	125
30.	Detalle de cimiento corrido	134
31.	Detalle de zapata	141
32.	Índice plástico del suelo.....	155
33.	Ensayo CBR del suelo	159
34.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos.....	167
35.	Elementos de curva horizontal.....	181
36.	Tipos de curvas verticales	185
37.	Sección propuesta de cuneta	188

TABLAS

I.	Población del municipio de Comitancillo, San Marcos.....	6
II.	Cargas vivas de uso frecuente	24
III.	Cargas muertas mínimas.....	26
IV.	Nivel mínimo de protección y probabilidad del sismo de diseño.....	34
V.	Factor N_a para períodos cortos de vibración	35
VI.	Factor N_v para períodos cortos de vibración	36
VII.	Coeficiente de sitio F_a	37
VIII.	Coeficiente de sitio F_v	37
IX.	Guía para clasificación de sitio	40
X.	Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismorresistentes	42
XI.	Resumen de datos análisis sísmico.....	48

XII.	Distribución de fuerzas por nivel	50
XIII.	Distribución de momentos por nivel	51
XIV.	Distribución de muros estructurales primer nivel.....	52
XV.	Distribución de muros estructurales segundo nivel	53
XVI.	Centro de masa de la estructura en sentido X	53
XVII.	Centro de masa de la estructura en sentido Y	54
XVIII.	Cálculo del centro de rigidez sentido X del edificio, primer nivel	57
XIX.	Cálculo del centro de rigidez sentido Y del edificio, primer nivel	59
XX.	Cálculo del centro de rigidez sentido X del edificio, segundo nivel	60
XXI.	Cálculo del centro de rigidez sentido Y del edificio, segundo nivel	62
XXII.	Resultado análisis primer nivel.....	62
XXIII.	Resultado análisis segundo nivel	63
XXIV.	Resultado análisis de mampostería, primer nivel X-X.....	71
XXV.	Resultado análisis de mampostería, primer nivel Y-Y	71
XXVI.	Resultado análisis de mampostería, segundo nivel X-X	72
XXVII.	Resultado análisis de mampostería, segundo nivel Y-Y	72
XXVIII.	Resumen de fuerza y momento aplicado en los muros del primer nivel.....	73
XXIX.	Resumen de fuerza y momento aplicado en los muros del segundo nivel.....	74
XXX.	Acero necesario primer nivel X – X.....	83
XXXI.	Acero necesario primer nivel Y – Y	84
XXXII.	Tipos de columnas y soleras.....	84
XXXIII.	Área de acero distribuida para muros en sentido X	86
XXXIV.	Área de acero distribuida para muros en sentido Y	86
XXXV.	Predimensionamiento de losa	104
XXXVI.	Resumen momentos en losas de entrepiso	111
XXXVII.	Resumen momentos en losas de techo	115
XXXVIII.	Presupuesto escuela.....	148

XXXIX.	Cronograma físico y financiero	149
XL.	Evaluación del impacto ambiental.....	150
XLI.	Empleo que se le puede dar al material en lo que al CBR se refiere..	159
XLII.	Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado	163
XLIII.	Categorías de subrasante.....	163
XLIV.	Tipos de suelo de apoyo y sus valores aproximados.....	168
XLV.	Categorías de cargas por eje.....	170
XLVI.	Valores de K para diseño sobre bases granulares	171
XLVII.	Módulo de ruptura para diseño de pavimento.....	173
XLVIII.	Graduación de los agregados	175
XLIX.	Asentamientos recomendados para concretos vibrados en diversos tipos de construcción	177
L.	Graduación de material fino para usar en estuque de empedrado	179
LI.	Valores de k según tipo de curva.....	186
LII.	Presupuesto empedrado con carrileras de concreto.....	193
LIII.	Cronograma físico y financiero	194
LIV.	Evaluación del impacto ambiental.....	195

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Δ	Ángulo de deflexión de la tangente
\varnothing	Ángulo de fricción interna
hn	Altura total del edificio
h	Altura de viga
A	Área
As	Área de acero
Av	Área de acero de corte
Asmin	Área de acero mínimo
Asmin	Área de acero máximo
Astemp	Área de acero por temperatura
Asreq	Área de acero requerido
At	Área tributaria
b	Base de viga
Qact	Carga actuante
qadm	Carga admisible del suelo
Wt	Carga de trabajo
CM	Carga muerta
CV	Carga última
CV	Carga viva
qu	Capacidad de carga
qo	Capacidad de carga última
qdis	Capacidad de diseño
Q	Caudal

X	Centro de masa en dirección X
Y	Centro de masa en dirección Y
O	Centro de la curva
Xcr	Centro de rigidez en dirección X
Ycr	Centro de rigidez en dirección Y
fa	Coefficiente de sitio para períodos cortos
N	Coefficiente de rugosidad/relación modular
fv	Coefficiente de sitio para períodos largos
C	Coefficiente de escorrentía
Cs	Coefficiente sísmico de diseño
C'	Cohesión
Vb	Cortante basal
Vc	Cortante del concreto
Vx	Cortante por nivel
Vu	Cortante último
Vact	Corte actuante
Vres	Corte resistente
CM	Cuerda máxima
ρ	Cuantía de acero
pb	Cuantía de acero balanceada
Fa	Esfuerzo axial máximo
Fb	Esfuerzo flexionante máximo
Fs	Esfuerzo de tensión
Smax	Espaciamiento máximo
e	Excentricidad
emin	Excentricidad mínima
E	External
Kd	Factor de escala
Na	Factor para períodos cortos de vibración

Nv	Factor para períodos cortos de vibración
Fv	Fuerza de corte/esfuerzo de corte
Fi	Fuerza por nivel
FT	Fuerza torsional
G	Grado de curvatura
IP	Índice de plasticidad
Io	Índice de sismicidad
I	Intensidad
LL	Límite líquido
LL	Límite plástico
L	Longitud
Lc	Longitud de confinamiento
LC	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
Em	Módulo de elasticidad de la mampostería
Es	Módulo de elasticidad del concreto
K	Módulo de reacción del suelo
MR	Módulo de ruptura
M	Momento
Mvolteo	Momento de volteo
S1r	Ordenada espectral de período 1 segundo
Scr	Ordenada espectral de período corto
Scs	Ordenada espectral del sismo extremo
M	Ordenada media
S	Pendiente/espaciamiento
Kd	Período de transición
T	Período de vibración empírico
Wmuro	Peso de muro
yc	Peso específico del concreto

γ	Peso específico del suelo
PP	Peso propio
Wtotal	Peso total
WtotalCM	Peso total de carga muerta
WtotalCV	Peso total de carga viva
t	Peralte/ancho de muro
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
R	Radio
rec	Recubrimiento
m	Relación entre lado corto y lado largo
Ki	Rigidez de losa
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
f'm	Resistencia a la compresión de la mampostería
fy	Resistencia a la fluencia del acero
R	Rigidez relativa
St	Subtangente
TPD	Tránsito promedio diario
TPDC	Tránsito promedio diario de camiones

GLOSARIO

Aditivos	Son químicos que se agregan al concreto en la etapa de mezclado para modificar las propiedades de la mezcla.
Caudal	Cantidad de agua que circula a través de una sección en un tiempo determinado.
Columna	Elemento vertical que soporta fuerzas de compresión y flexión, que también transmite las cargas de la estructura a la cimentación.
Compactación	Procedimiento en el que se aplica energía al suelo para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y su capacidad de soporte.
Concreto	Es la mezcla de cemento, agregados y agua, que al solidificarse constituye uno de los materiales de construcción más resistentes.
Cuneta	Canal que se construye en paralelo al eje de una carretera, con el fin de transportar y evacuar las aguas superficiales.
Empedrado	Pavimento o capa de piedras que cubren el suelo.

Esfuerzo	Resistencia interna que ofrece un área del material del que está hecho, al aplicarle una fuerza externa.
Estribo	Elemento de acero doblado en diferentes formas, que se coloca perpendicularmente a la armadura longitudinal.
Estructura	Conjunto de elementos conectados entre sí, que tienen la función de recibir cargas, soportar esfuerzos y transmitir esas cargas al suelo.
Estuque	Mezcla en proporciones adecuadas de cemento, arena y agua, que se utiliza para rellenar los espacios que quedan entre las piedras.
Excentricidad	Distancia que existe entre el centro de masa y el centro de rigidez.
Losa	Elemento estructural que sirve de separación entre pisos consecutivos de un edificio y al mismo tiempo sirve como soporte para las cargas de ocupación.
Mampostería	Sistema de construcción hecho con bloques vacíos de concreto, llamados blocks, ladrillos, adobe, morteros para pegar las unidades de mampostería y el refuerzo para enmarcar los levantados y unirlos entre sí.

Momento	Propiedad por la cual una fuerza tiende a generar un movimiento de rotación a un cuerpo alrededor de un punto o de un eje.
Pavimento	Estructura compuesta por capas de diferentes materiales, que se construye sobre terreno natural, para permitir el tránsito sobre ellos de manera segura, cómoda y confortable.
Perímetro	Longitud que corresponde al contorno de una figura, es la sumatoria de los lados que forman el polígono.
Rasante	Proyección vertical del desarrollo del eje de la superficie de rodadura de una carretera.
Rigidez	Capacidad que tiene un elemento estructural de soportar cargas sin deformarse o desplazarse excesivamente.
Sismo	Movimiento brusco de la superficie terrestre, causado por la liberación de energía acumulada durante un largo tiempo.
Subbase	Elemento de la estructura de una carretera que se encuentra entre la subrasante y la base.
Subrasante	Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento.

Topografía

Ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

Tránsito

Movimiento y flujo de vehículos que circulan por una calle, una avenida o cualquier otro tipo de camino, así como también del peatón.

Viga

Elemento estructural lineal que soporta las cargas generadas por las losas y que trabaja principalmente a flexión.

Zapata

Es un tipo de cimentación utilizado para elementos aislados de una estructura, soporta cargas puntuales para después transmitir las al suelo.

RESUMEN

En la ingeniería civil, la finalidad de todo proyecto es ayudar a satisfacer las necesidades referentes a la infraestructura, que se encuentran en las diferentes comunidades del país, a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) contribuyendo a dar una solución técnica a los diversos problemas, en este caso al municipio de Comitancillo, departamento de San Marcos.

Uno de estos problemas se encuentra en el área educativa en el cual es necesaria la planificación de una escuela primaria que beneficie a los habitantes del caserío Loma Linda, este proyecto tiene como fin contribuir a mejorar el nivel educativo en el municipio y a su vez garantizar la seguridad de las personas, diseñando una estructura adecuada para este tipo de edificios. La escuela tendrá un área total de 200 m² distribuidos en área educativa y administrativa.

También se detectó la dificultad que tienen los habitantes de la aldea Chicajalaj para trasladarse a la cabecera municipal, debido a que la carretera que une estos dos lugares actualmente es de terracería y no reúne las condiciones óptimas para la circulación de vehículos y personas, por lo que se determinó efectuar el diseño del empedrado con carrileras de concreto para mejorar las condiciones de la carpeta de rodadura, esto contribuirá al traslado de las personas y vehículos, pero sobre todo impulsará el desarrollo del municipio de Comitancillo.

OBJETIVOS

General

Diseñar el edificio escolar de dos niveles para el caserío Loma Linda y el empedrado con carrileras de concreto de la aldea Chicajalaj, Comitancillo, San Marcos.

Específicos

1. Realizar investigación monográfica de las necesidades de servicios básicos e infraestructura de las aldeas y caseríos del municipio de Comitancillo.
2. Ofrecer una mayor cobertura educativa a la población, a través infraestructura adecuada para que el servicio cumpla con cantidad y calidad.
3. Contribuir al desarrollo de la infraestructura vial de las comunidades para mejorar el intercambio comercial entre los vecinos de cada una de las localidades y el acceso a los servicios básicos.
4. Elaborar planos, presupuesto desglosado e integrado, y cronograma de los proyectos, además una evaluación de los terrenos de los proyectos a diseñar.

5. Utilizar los conocimientos técnicos del estudiante de Ingeniería Civil, en servicio de la población guatemalteca en especial en el área rural que es donde se encuentra la población con mayores limitaciones y necesidades.

INTRODUCCIÓN

En el ejercicio profesional supervisado realizado en el municipio de Comitancillo, San Marcos, se llevó a cabo el diseño de dos proyectos para dar solución a necesidades de infraestructura identificadas a través de un diagnóstico realizado en las comunidades del municipio. Previo a realizar el diseño de los proyectos fue realizada también una investigación de la monografía y los aspectos importantes del municipio.

El primer proyecto se ubica en el caserío Loma Linda, a seis kilómetros de la cabecera municipal y consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles, el cual contará con seis aulas y un pasillo en cada nivel, área administrativa y área de servicios. El sistema estructural utilizado para el edificio escolar fue el de mampostería reforzada y contará con una cubierta y entrepiso de losa tradicional, para posteriormente realizar el análisis estructural a través del método simplista, el cual abarca el diseño de elementos verticales y horizontales de concreto reforzado.

El segundo proyecto se ubica en la aldea Chicajalaj, a cuatro y medio kilómetros de la cabecera municipal y comprende el mejoramiento de un tramo de carretera que cuenta con una longitud de tres kilómetros, a través de una combinación de empedrado con carrileras de concreto. El diseño de las carrileras de concreto fue realizado a través del método simplificado del PCA, sin antes contar con el estudio topográfico y el correspondiente estudio de suelos para obtener los resultados necesarios y emplearlos en la realización del diseño.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Comitancillo, departamento de San Marcos

Comitancillo es un municipio del departamento de San Marcos, de la región suroccidente de la República de Guatemala.

1.1.1. Aspectos Generales

El municipio fue fundado por los españoles durante la época colonial, aproximadamente un siglo después de la invasión de los Mam al altiplano occidental de Guatemala, que ocurrió entre los años 1525 y 1533. Se estima que ocurrió después del 14 de abril de 1633, posiblemente el tres de mayo de 1648, año del aparecimiento de la imagen de la cruz y de la construcción del primer templo católico del municipio.

No se conservan mayores vestigios de la época colonial, únicamente las imágenes dentro de la iglesia católica que se cree que proceden de España y algunas construcciones antiguas. Originalmente el municipio dependía del curato de Tejutla, un municipio ubicado a 12 kilómetros. Se le nombró Comitancillo al municipio, según el código de Livingston decretado el 27 de agosto de 1836, dispuesto por la administración de justicia del sistema de curatos.

El nombre Comitancillo no tiene origen etimológico. Según los españoles significa: Comitán Chiquito, porque encontraron un ambiente semejante al de

Comitán, México, lugar del cual habían llegado. En el idioma Mam, el nombre del municipio es Txolja, este término se deriva de T-xol que significa en medio o entre y de ja que significa agua, río. Se dice que los antepasados le dieron ese nombre por el hecho que la cabecera municipal se encuentra enclavada en un cerro rodeado por los ríos: Chixal y El Jícaro.

1.1.2. Ubicación de proyectos

El caserío Loma Linda lugar del proyecto del edificio escolar está situado al norte a seis kilómetros de la cabecera municipal. El segundo proyecto es el diseño de empedrado con carrileras de concreto en la aldea Chicajalaj, ubicada al noreste del municipio a cuatro y medio kilómetros.

Figura 1. Caserío Loma Linda



Fuente: GoogleMaps. *Caserío Loma Linda*. <https://earth.google.com/web/search/15.126659,-91.763929/@15.12651834,-91.76243906,2542.69756844a,1315.09708038d,35y,8.40999593h,0t,0r/data=CigiJgokCQ4CAsaYOy5AEdYF-tvQLC5AGUz4tX9b7IbAIVBnH1B38FbA>. Consulta: 2 de febrero de 2022.

Figura 2. **Aldea Chicajalaj**



Fuente: GoogleMaps. *Aldea Chicajalaj*. <https://earth.google.com/web/@15.0897379,-91.73541302,2331.45330946a,885.70896736d,35y,-15.31127214h,26.26374923t,-0r>. Consulta: 2 de febrero de 2022.

1.1.3. Ubicación geográfica

Comitancillo se encuentra a una distancia de 33 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a 246 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. El caserío Loma Linda, lugar del primer proyecto, se encuentra a una altitud de 2 570 msnm, latitud 15°07'36", longitud 91°45'50". El segundo proyecto ubicado en la aldea Chicajalaj, se encuentra a una altitud de 2 346 msnm, latitud 15°05'19", longitud 91°44'11".

1.1.4. Topografía

El territorio que ocupa el municipio de Comitancillo forma parte de la sierra Madre, su relieve es accidentado. Se encuentra rodeado por los cerros Quic,

Los Cimientos, Twi'wutz, Tuitaqueque, Tzama o El Jícaro; Los Bujes, Tuixoquel, Chamaque, Tuichilupe, Bacchuc, Ixmoco, entre otros.

1.1.5. Colindancias

El municipio de Comitancillo limita al norte con los municipios de Sipacapa y San Miguel Ixtahuacán, ambos del departamento de San Marcos; al sur con la cabecera departamental de San Marcos y San Lorenzo, ambos del departamento de San Marcos; al este, con los municipios de Río Blanco, departamento de San Marcos y Cabricán, departamento de Quetzaltenango; al oeste con el municipio de Tejutla y la cabecera departamental de San Marcos, ambos del departamento de San Marcos.

1.1.6. Vías de acceso

Para llegar al municipio de Comitancillo desde la capital de Guatemala, se debe conducir por la Carretera Panamericana CA-1 desde la capital hacia el departamento de Quetzaltenango, después a través de la carretera 9N para llegar a la cabecera departamental de San Marcos y finalmente a través de la ruta SM-1 para llegar a la cabecera municipal de Comitancillo. El municipio cuenta además con carreteras de terracería, veredas y puentes de concreto que comunican con las diferentes comunidades y municipios cercanos.

El caserío Loma Linda, lugar del primer proyecto se encuentra a 6 kilómetros de la cabecera municipal por carretera de terracería en zona montañosa. El segundo proyecto se localiza en la aldea Chicajalaj, a 4.5 kilómetros de la cabecera municipal también por carretera de terracería.

1.1.7. Clima

El municipio por su ubicación geográfica se caracteriza por tener dos tipos de clima, en las partes altas del municipio como lo son el caserío La Unión, San José la Frontera, El Salitre y Santa Teresa, el clima es frío. Por su parte en la cabecera municipal y comunidades cercanas como la aldea Chicajalaj y San Pablo, el clima es templado, ofreciendo mejores condiciones para la población.

Según información recabada por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrografía, INSIVUMEH, la precipitación pluvial es de 900 a 1 300 mm al año, con una temperatura de 13 a 15 grados centígrados y una evaporación potencial de 1 000 a 1 100 mm al año. La dirección del viento es de este a oeste con velocidad de 20 km/h. Las épocas típicas del altiplano occidental de Guatemala se presentan en dos periodos que son: lluviosa de mayo a octubre y seca de noviembre a abril.

1.1.8. Demografía

El municipio tiene una población aproximada de 59 489 habitantes, según el censo poblacional del año 2018 con una densidad de 527 personas por kilómetro cuadrado.

1.1.8.1. Población

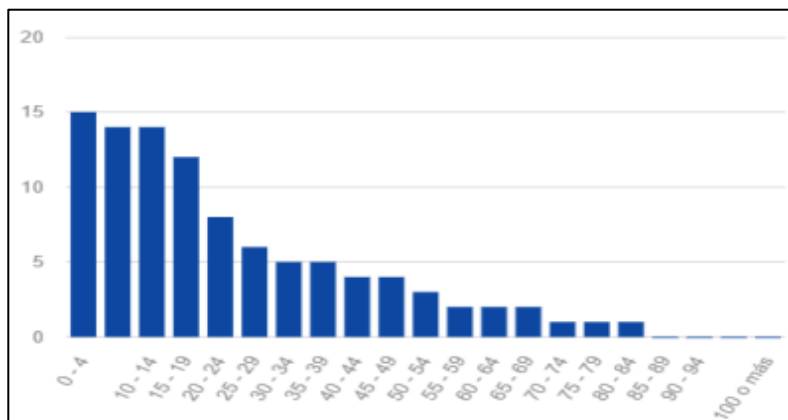
Existe una población superior de gente de raza indígena de la etnia mam representando el 98 %, y el 2 % es gente de raza ladina.

Tabla I. **Población del municipio de Comitancillo, San Marcos**

Edad	Población
0 – 4	8 824
5 – 9	8 570
10 – 14	8 497
15 – 19	7 330
20 – 24	4 789
25 – 29	3 767
30 – 34	3 037
35 – 39	2 808
40 – 44	2 441
45 – 49	2 198
50 – 54	1 664
55 – 59	1 447
60 – 64	1 213
65 – 69	1 069
70 – 74	726
75 – 79	500
80 – 84	344
85 – 89	175
90 – 94	69
95 o más	21
Total	59 489

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

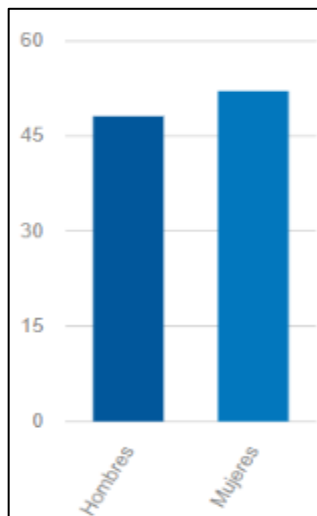
Figura 3. **Población total por edad del municipio de Comitancillo**



Fuente: INE, 2018. *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*.

<https://www.censopoblacion.gt/censo2018/hogar.php>. Consulta: 3 de marzo de 2022.

Figura 4. **Población total por sexo del municipio de Comitancillo**



Fuente: INE, 2018. XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda.
<https://www.censopoblacion.gt/censo2018/hogar.php>. Consultado: 3 de marzo de 2022.

1.1.8.2. Distribución de viviendas

Según datos de la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida en el 2018 (ENCOVI 2018) del Instituto Nacional de Estadística INE, el municipio de Comitancillo, San Marcos cuenta con 14 228 viviendas.

1.1.8.3. Tipología de viviendas

En el municipio de Comitancillo, San Marcos, el 78 % de las viviendas están construidas con muros de adobe y techo de teja o lámina, con piso de tierra; el 22 % restante están construidos de mampostería, hechas de block o ladrillo con techo de lámina o losa tradicional, con piso de concreto. El 80 % de las familias cuenta con vivienda propia, el 12 % habita en casa alquilada y el 8 % restante vive en casas prestadas.

1.1.9. Actividad económica

El sector agrícola es la base de la economía del municipio, cultivando maíz y frijol en su mayoría para autoconsumo y venta, además de otros productos agrícolas. El 69 % de la población se dedica a la actividad agrícola, trabajando sus propias parcelas y/o son contratados como jornaleros en las distintas fincas, el resto de la población laboral se ocupa en otras actividades como pecuaria, artesanal, comercio y servicios.

Otro factor que incide en este aspecto es el salario, debido a que el mínimo autorizado para las actividades agrícolas es de Q.52,00 diarios por jornada de trabajo. Para las actividades no agrícolas reciben el salario mínimo más bonificación incentivo de Q. 8,00 diarios. La remuneración en referencia es insuficiente para cubrir las necesidades básicas como alimentación, vestuario, salud, educación, en tal sentido resulta difícil sobrevivir con el pago por debajo del salario mínimo. De la población que ha emigrado debido a la falta de trabajo, tiene como principales destinos Estados Unidos y la ciudad capital.

1.1.10. Servicios existentes

La población del municipio de Comitancillo cuenta con diferentes servicios, los que pueden clasificarse en estatales, municipales y privados.

1.1.10.1. Estatales

Son los servicios prestados por programas o instituciones del estado, entre los cuales están:

- Educación

El municipio cuenta con 201 establecimientos educativos; el 42 % brindan el nivel preprimario, el 41 % primario, el resto ofrece educación básica y diversificado. Las carreras que se imparten son: bachillerato en educación, en ciencias y letras, magisterio preprimario bilingüe, mecánica automotriz, recursos naturales renovables, perito contador, entre otras.

La tasa de cobertura educativa en el municipio es del 68,29 %, aunque, con diferencias entre lo que respecta al nivel diversificado que cuenta con la tasa más baja con un 34,95 % y el nivel primario con una tasa del 110,13 %, la más alta.

- Salud

La infraestructura en salud en el municipio de Comitancillo se integra por: un Centro de Atención Permanente, 11 puestos de salud, tres unidades mínimas y un centro de rehabilitación nutricional, contándose con una infraestructura y equipamiento mínimo y escaso personal capacitado especialmente para los puestos de salud y unidades mínimas.

1.1.10.2. Municipales

Son los servicios administrados por la municipalidad y que presta a todos los habitantes del municipio de Comitancillo, entre los que están:

- Agua potable

El municipio posee nacimientos propios ubicados en tres sectores, La Democracia que pertenece al municipio de Tejutla y abastece al casco urbano y quince comunidades aledañas; San Lorenzo y Tuimuj que cubren otras comunidades del municipio. El 74 % de los hogares cuenta con el servicio de agua entubada y el 26 % adquiere el agua a través de pozos porque no cuentan con servicio de agua.

En el área urbana, que cuenta con 530 viviendas, el 100 % de hogares tiene acceso al servicio de agua potable y el valor que pagan por el servicio es de Q 5,00 mensuales que deben pagar en la tesorería municipal.

- Drenaje

En la cabecera municipal funciona un sistema de drenaje, este servicio tiene una cobertura del 100 % de los hogares, pero carecen de un sistema de tratamiento de aguas residuales. En el área rural, sólo la aldea Tuizacajá posee este servicio. El 95 % de las viviendas en el área rural no cuenta con servicio de drenajes, por estar ubicadas de manera dispersa lo que dificulta la implementación del servicio.

- Mercado

La actividad comercial en el municipio de Comitancillo, San Marcos, se realiza los días domingo, miércoles y jueves, el comercio se produce principalmente en los dos mercados municipales que se encuentran ubicados frente al parque del municipio. Los mercados hoy en día son insuficientes para la cantidad de comerciantes que llegan al lugar, el día de mayor actividad comercial es el domingo, por lo que los comerciantes se han visto en la necesidad de ocupar las calles y avenidas para comercializar sus productos.

1.1.10.3. Privados

Son servicios prestados por empresas o personas particulares para satisfacer las necesidades de los habitantes del municipio, entre ellos están:

- Energía eléctrica

La empresa encargada de distribuir la energía eléctrica en el municipio de Comitancillo, San Marcos, es DEOCSA, la tarifa social es de Q. 2,30 por kilovatio hora.

2. DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO SAN MARCOS

2.1. Descripción del proyecto

El diseño de la escuela de dos niveles se localiza en el caserío Loma Linda del municipio de Comitancillo del departamento de San Marcos; actualmente este caserío no cuenta con un lugar que reúna las características adecuadas para que los niños reciban clases, los habitantes de esta comunidad han planteado a las autoridades municipales la necesidad de construir una escuela que pueda albergar a más estudiantes y que permita a los niños recibir clases en las condiciones adecuadas, debido a que el caserío Loma Linda no cuenta con la infraestructura adecuada, los niños y niñas se ven obligados a asistir a los centros educativos de comunidades más lejanas.

2.2. Estudio topográfico

Para llevar a cabo el diseño de toda obra de infraestructura, previamente se debe realizar un levantamiento topográfico, que permitirá la representación gráfica de los puntos de localización del proyecto. Para realizar el levantamiento topográfico se utilizó el equipo siguiente:

- Teodolito
- Cinta métrica
- Estadal
- Plomadas
- Estacas

2.2.1. Planimetría

Es la parte de la topografía que se dedica al estudio de los procedimientos y métodos que se emplean para lograr representar a escala los detalles de un terreno sobre una superficie plana. La planimetría prescinde del relieve y la altitud para lograr una representación en dirección horizontal.

2.2.2. Altimetría

Es la parte de la topografía que se encarga de medir las alturas, estudia los métodos y técnicas para la representación del relieve de un terreno, así como para determinar y representar la altura de cada uno de los puntos, respecto de un plano de referencia.

2.3. Estudio de suelos

Es indispensable y básico realizar el estudio de suelos del terreno donde se hará un proyecto, este estudio permitirá determinar las características físicas y mecánicas del suelo y el valor soporte del terreno, con el valor obtenido se debe diseñar la cimentación adecuada para la estructura. Un adecuado diseño de la cimentación brindará seguridad a las personas que harán uso de la edificación.

2.3.1. Ensayo triaxial

El ensayo triaxial constituye el procedimiento más satisfactorio para medir la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, el tipo de ensayo triaxial realizado a la muestra de suelo obtenida ha sido el no consolidado no drenado, que consiste en determinar la resistencia del suelo en condiciones a corto

plazo. En el cual la adherencia, la unión entre partículas y la densidad permanecen intactas independientemente del nivel de carga.

Los resultados obtenidos en el ensayo de compresión triaxial son los siguientes:

- Descripción del suelo: limo areno-arcilloso color café
- Ángulo de fricción interna $\phi = 30,0$
- Cohesión (C') = $3,0 \text{ ton/m}^2$
- Desplante = $2,00 \text{ m}$ (profundidad a la que se tomó la muestra)
- Peso específico del suelo = $1,35 \text{ ton/m}^3$

Ecuación general de la capacidad de carga para una cimentación corrida

$$q_u = C'N_c + qN_q + 0,5\gamma B N_\gamma$$

Donde:

q_u = capacidad de carga

C' = cohesión

q = esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo de fricción interna.

$$q = \gamma * d_f = 2,70 \text{ ton/m}^2$$

$$N_q = \tan^2(45 + (\phi/2)) * e^{\pi \tan \phi} = 18,40$$

$$N_c = \cot(\phi) * (N_q - 1) = 30,14$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan(\phi) = 22,40$$

$$q_u = 3,0 \text{ ton/m}^2 * 30,14 + 2,70 \text{ ton/m}^2 * 18,40 + 0,5 * 1,35 \text{ ton/m}^3 * 0,5 \text{ m} * 22,40$$
$$q_u = 147,66 \text{ ton/m}^2$$

El cálculo de la capacidad de carga última admisible en cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad, puede ser por lo menos de 3 en todos los casos.

$$q_0 = 147,66 \text{ ton/m}^2 / 3$$

$$q_0 = 49,22 \text{ ton/m}^2$$

2.4. Normas para el diseño arquitectónico de centros educativos

Para la distribución y disposición de áreas, aspectos de funcionamiento y arquitectónicos del espacio de edificios educativos, se emplearon las normas establecidas en el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación, siendo las siguientes:

2.4.1. Criterios generales

Toda infraestructura educativa en Guatemala deberá cumplir con lo establecido en el reglamento, con la finalidad de que los edificios escolares funcionen adecuadamente, para ello se debe tomar en cuenta todo lo relacionado al lugar donde se construirá el edificio, con el fin de garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios durante y después de la actividad escolar.

2.4.2. Criterios de conjunto

- Conjunto arquitectónico: debe considerarse la sectorización de espacios y edificios dentro del terreno, orientación, emplazamiento, tamaño del edificio, materiales de construcción, accesos y seguridad.
- Sectorización de espacios y edificios: el diseño debe contemplar distinción entre las áreas educativas, administrativas, complementarias, de servicios, y circulación al aire libre, de manera que las actividades de un área no interfieran con las de las otras.
- Orientación del edificio: la orientación del edificio escolar debe ser adecuada, de tal manera que todos los ambientes cuenten con iluminación y ventilación. La orientación ideal que permite una buena iluminación es de norte a sur, aunque esto puede cambiar al tomar en cuenta el sentido del viento dominante y el clima de la región.
- Emplazamiento: en áreas rurales, el 40 % de la superficie debe ser ocupada por edificios techados y el 60 % restante del área del terreno debe emplearse para áreas verdes, áreas recreacionales y estacionamientos.
- Tamaño del edificio: el tamaño del edificio escolar varía en función de las características de cada nivel educativo, modalidad, y el número de estudiantes por atender, con el fin de garantizar la operatividad del edificio escolar y la calidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2.4.3. Criterios de iluminación

- Iluminación natural: el diseño de las ventanas deberá proporcionar luz pareja y uniforme sobre el plano de trabajo en todos los puntos del aula. Por su localización en el espacio puede ser:
 - Iluminación unilateral: se recomienda que el cielo falso, material de cubierta y el muro opuesto sean de color claro. El muro opuesto a la ventana no debe estar separado más de 2,5 veces la altura del muro donde se localiza la ventana.
 - Iluminación bilateral: las ventanas ubicadas en muros opuestos o paralelos mejora las condiciones de iluminación, siempre y cuando den al exterior.
 - Iluminación cenital: cuando no puedan propiciarse las condiciones de iluminación unilateral o bilateral, se permitirá la iluminación a través de su cerramiento horizontal o cubierta.
- Iluminación artificial: es obligatoria para todos los ambientes en los centros educativos y debe ser apoyada por la iluminación natural. Durante una jornada nocturna es la única fuente de iluminación.

En el edificio escolar para el caserío Loma Linda, se utilizará iluminación natural bilateral e iluminación artificial.

2.4.4. Otros criterios

- Confort acústico: deben emplearse materiales capaces de absorber el sonido, especialmente en la cubierta, por el ruido generado por la lluvia y el granizo.

2.4.5. Instalaciones

Se recomienda que el terreno de la escuela cuente con servicios de agua potable, energía eléctrica y drenaje, o como mínimo disponga de la infraestructura máxima con la que cuenta la comunidad.

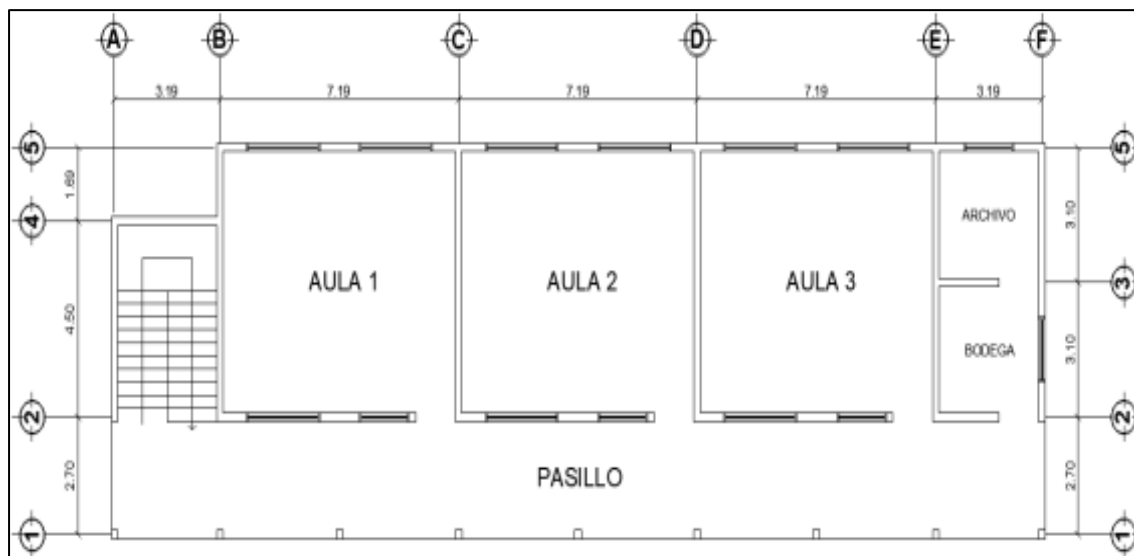
- Agua potable: el terreno debe contar con el servicio de agua potable, que puede ser a través de la red municipal, nacimiento de la comunidad o un pozo propio. El agua debe ser potable y debe cumplir con las normas de las autoridades municipales y del ministerio de salud. Un aspecto recomendable es la captación del agua de lluvia que puede ser utilizada para actividades que no son para el consumo humano.
- Drenaje de aguas negras: en el caso de que el terreno no cuente con el servicio de drenaje público municipal, debe emplearse un sistema alternativo de disposición final de aguas negras. El sistema alternativo comúnmente utilizado es un pozo de absorción y fosa séptica.
- Electricidad: para complementar la iluminación natural y cuando sea necesario el uso de equipos electrónicos para mejorar el aprendizaje, el edificio escolar debe contar con energía eléctrica. En caso de no contar con el servicio de energía eléctrica, es necesario dejar la instalación prevista. Puede también considerarse un proyecto de energía a través de

una fuente alternativa como paneles solares o turbinas eólicas. El edificio escolar cuenta con servicio de energía eléctrica, pero no cuenta con servicio de agua potable y tampoco con el servicio de drenaje público.

2.4.6. Diseño arquitectónico

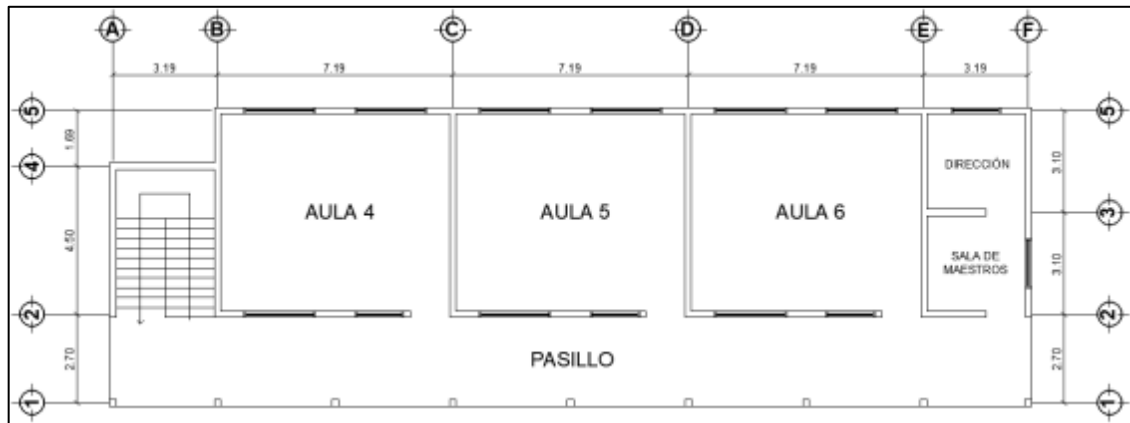
El diseño arquitectónico del edificio escolar debe ser proyectado, de manera que cada uno de los ambientes cubra las necesidades y brinde seguridad a los usuarios, con la finalidad de tener un lugar cómodo, funcional y apropiado. Es necesario realizar un diseño del edificio escolar con las medidas que permitan asegurar la integridad física de la comunidad educativa.

Figura 5. Planta primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 6. **Planta segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.4.6.1. Altura del edificio

A partir del nivel de piso interior terminado hasta el punto más bajo de la estructura de cubierta, los ambientes tendrán una altura mínima en clima frío, de 2,80 m. Para el caso del caserío Loma Linda, el edificio escolar será de dos niveles con una altura de 3,20 m por cada nivel y una altura total de 6,40 m.

2.4.6.2. Áreas del edificio

De acuerdo con el área disponible, los servicios disponibles y las necesidades en el caserío Loma Linda, se realizó un diseño que incluye tres áreas, que son las siguientes: área administrativa, área educativa y área de servicio.

- Área administrativa: es el ambiente donde se planifican y dirigen las actividades realizadas en el centro educativo. El área administrativa debe diseñarse tomando en cuenta el número de docentes.
- Área educativa: es el ambiente que ocupan los docentes y estudiantes para llevar a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje. El área educativa debe ser diseñada acorde al número de estudiantes de los diferentes grados.
- Área de servicio: es el ambiente destinado para almacenar y resguardar accesorios de limpieza y documentos del centro educativo.

2.5. Descripción del sistema estructural de mampostería

La mampostería reforzada es el sistema de construcción hecho con bloques vacíos de concreto, llamados blocks, ladrillos y piedras, morteros para pegar las unidades de mampostería y reforzado con mochetas y soleras.

El análisis estructural de un sistema de mampostería reforzada puede realizarse a través de dos métodos: realista y simplista. Para el diseño del edificio escolar del caserío Loma Linda se utilizará el método simplista, el cual abarca el diseño de elementos verticales de concreto reforzado denominados columnas y mochetas y el diseño de elementos horizontales denominados soleras, los muros estarán conformados por blocks y la cubierta será de losa tradicional.

2.5.1. Ventajas estructurales de la mampostería reforzada

Las ventajas del uso del sistema de mampostería reforzada son las siguientes:

- Sistema estructural económico y conocido.
- Resistencia al fuego.
- Resistencia al sonido.
- Comportamiento flexible, por lo tanto, resiste de mejor forma la fuerza sísmica.
- Se puede utilizar para la construcción de paredes altas y de grandes longitudes.
- Resistencia ante los agentes provocados por el medio ambiente.

2.6. Cargas que afectan la estructura

Toda estructura diseñada está sometida a diferentes cargas, que pueden ser permanentes y frecuentes, que dependen del uso de la estructura. Otro tipo de carga que debe tomarse en cuenta para el diseño de una estructura es la carga producida por los sismos, principalmente en un país como Guatemala, que es altamente sísmico. Para que una edificación sea capaz de resistir los esfuerzos producidos por las cargas antes mencionadas, deben utilizarse materiales que resistan este tipo de esfuerzos.

Las cargas utilizadas para el diseño del edificio escolar son las siguientes:

- Cargas gravitacionales: son todas aquellas cargas verticales a las que estará sometida la estructura y se clasifican en carga viva y carga muerta.

- Carga viva: son las cargas que se producen por el uso y la ocupación de la edificación, las cargas vivas no son permanentes, también pueden ser generadas por objetos colocados de forma temporal sobre la estructura, y varían en magnitud y localización. A continuación, se presentan las cargas vivas de uso frecuente.

Tabla II. **Cargas vivas de uso frecuente**

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)
Vivienda	
Balcones	500
Habitaciones y pasillos	200
Escaleras	300
Oficina	
Pasillos y escaleras	300
Oficinas	250
Áreas de cafetería	500
Hospitales	
Pasillos	500
Clínicas y encamamiento	250
Servicios médicos y laboratorio	350
Farmacia	500
Escaleras	500
Cafetería y cocina	500
Hoteles	
Habitaciones	200
Servicios y áreas públicas	500
Educativos	
Aulas	200
Pasillos y escaleras	500
Salones de Lectura de Biblioteca	200
Área de estanterías de Biblioteca	700
Reunión	
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas	500
Balcones	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas a nivel de la calle	500
Salones con asiento fijo	300
Salones sin asiento fijo	500
Escenarios y circulaciones	500
Garajes	
Garajes para automóviles de pasajeros	250
Garajes para vehículos de carga (2 000 kg)	500
Rampas de uso colectivo	750
Corredores de circulación	500
Servicio y reparación	500

Continuación de la tabla II.

Instalaciones deportivas públicas	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos	400
Zonas sin asientos	800
Canchas deportivas	Depende del tipo de cancha
Almacenes	
Minoristas	500
Mayoristas	600
Bodegas	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1 200
Fábricas	
Industrias livianas	500
Industrias pesadas	1 000
Cubiertas pesadas	
Azoteas de concreto con acceso	200
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 (proyección horizontal)
Cubiertas usadas para jardín o para reuniones	500
Cubiertas livianas	
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, entre otros (aplica a la estructura que soporta la cubierta final).	50 (proyección horizontal)

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Carga muerta: son las cargas producidas por todos los elementos que conforman la estructura, son cargas permanentes y que no son variables. Incluyen los pesos de las losas, muros, vigas, columnas, acabados, instalaciones.

Tabla III. Cargas muertas mínimas

Material	Unidad	Wm (kg/m ²)
Pisos		
Concreto	Volumétrico	2 400 kg/m ³
Piso de granito y mezlón	5 cm de espesor	60 kg/m ²
Asfalto	1 cm de espesor	23 kg/m ²
Duela	1 cm de espesor	8 kg/m ²
Relleno de concreto ligero	Volumétrico	1 600 kg/m ²
Techos		
Teja de cemento		32 kg/m ²
Teja de barro		100 kg/m ²
Revestimiento de madera	2,5 cm de espesor	15 kg/m ²
Repellos	1 cm de espesor	15 kg/m ²
Losa prefabricada	15 cm de espesor	240 kg/m ²
Losa prefabricada	20 cm de espesor	300 kg/m ²
Losa prefabricada	25 cm de espesor	340 kg/m ²
Muros		
Block pómez de 10 cm		160 kg/m ²
Block pómez de 15 cm		210 kg/m ²
Block pómez de 20 cm		250 kg/m ²
Ladrillo perforado de 14 cm		230 kg/m ²
Ladrillo tubular de 14 cm		171 kg/m ²
Ladrillo tayuyo de 11 cm		186 kg/m ²
Muro divisorio de tablayeso		60 kg/m ²
Mampostería reforzada de 20 cm con f'm = 80 kg/cm ²		300 kg/m ²

Fuente: Normas ANSI. *Diseño de estructuras de concreto con referencia del Instituto Nacional de Normas Americanas ANSI*. p. 11.

2.7. Análisis estructural del edificio

Las estructuras de mampostería pueden analizarse por medio de diferentes métodos, los más utilizados son el análisis realista y el análisis simplista que también es denominado como el método de las rigideces, el análisis del edificio escolar se realizará utilizando el método simplista.

2.7.1. Análisis simplista

El análisis simplista es menos laborioso que el análisis realista, por lo tanto, se pueden obtener resultados en menor tiempo. Este tipo de análisis es efectuado a muros de mampostería confinada.

En la elaboración del análisis simplista deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la distribución de la fuerza lateral a cada muro se deben considerar únicamente los muros paralelos a la dirección en que esta actúa.
- Los muros tienden a experimentar ladeo paralelo al plano que contiene al muro, no se debe considerar en el sentido contrario.
- Los muros generalmente actúan como miembros verticales que están sujetos a fuerzas horizontales en los niveles de piso.

2.7.2. Limitaciones del método simplista.

Las limitaciones que presenta el método simplista son las siguientes:

- Únicamente se toman en cuenta los muros paralelos a la acción de la carga y se desprecia la contribución de los muros perpendiculares.
- Rigidez mayor en el diafragma horizontal que en los muros de corte.
- En estructuras cuya relación altura-largo (h/d) en el sentido de la carga lateral sea mayor a 4,0 los esfuerzos entre juntas de muros son tan grandes que los resultados se alejan de la realidad.

2.7.3. Procedimiento de análisis

Para llevar a cabo este análisis se deben determinar las cargas que afectarán a la estructura, lo siguiente será el cálculo de la rigidez de los muros ubicados en la misma dirección del sismo.

Para realizar el análisis sísmico de la estructura, primero deberá determinarse el peso de la misma, el cual servirá para calcular las fuerzas que actúan en cada nivel de la edificación de acuerdo con el normativo de AGIES, para finalmente obtener los momentos que actúan en cada muro.

2.7.4. Análisis estructural de la mampostería reforzada a través del método de análisis simplista

El método simplista es de gran utilidad para obtener una primera estimación de las fuerzas que actúan en los muros, la finalidad de este análisis es distribuir la carga lateral en los muros paralelos a la dirección en la que actúa esta carga, suponiendo dos efectos en la estructura, la traslación y rotación.

2.8. Integración de cargas

- Mampostería = 0,19 m x 0,19 m x 0,39 m
- Altura = 3,20 m
- Espesor de losa = 0,11 m
- Carga viva de techo = 100,00 kg/m²
- Carga viva de entepiso = 200,00 kg/m²
- Carga viva pasillos = 500,00 kg/m²
- Área losa primer nivel = 235,16 m²
- Área losa segundo nivel = 250,12 m²

2.8.1. Cálculo de cargas gravitacionales

- Cargas muertas de techo
 - Losa = $2\,400,00 \text{ kg/m}^3 * 0,11 = 264,00 \text{ kg/m}^2$
 - Sobrecarga = $5,00 \text{ kg/m}^2$
 - Relleno = $1\,400,00 \text{ kg/m}^3 * 0,05 = 70,00 \text{ kg/m}^2$
 - Acabados = $35,00 \text{ kg/m}^2$
 - Instalaciones = $5,00 \text{ kg/m}^2$
 - Carga muerta total de techo = $379,00 \text{ kg/m}^2$
 - Carga viva total de techo = $100,00 \text{ kg/m}^2$

- Cargas muertas entrepiso, aulas y pasillo
 - Losa = $2\,400,00 \text{ kg/m}^3 * 0,11 = 264,00 \text{ kg/m}^2$
 - Sobrecarga = $5,00 \text{ kg/m}^2$
 - Relleno = $1\,400,00 \text{ kg/m}^3 * 0,05 = 70,00 \text{ kg/m}^2$
 - Acabados = $35,00 \text{ kg/m}^2$
 - Instalaciones = $5,00 \text{ kg/m}^2$
 - Piso de granito = $25,00 \text{ kg/m}^2$
 - Carga muerta total de entrepiso = $404,00 \text{ kg/m}^2$
 - Carga viva total de entrepiso aulas = $200,00 \text{ kg/m}^2$
 - Carga viva total de entrepiso pasillo = $500,00 \text{ kg/m}^2$

- Muros primer nivel
 - Peso de la mampostería = $340,00 \text{ kg/m}^2$
 - Longitud de muros = $86,87 \text{ m}$
 - Altura de muros = $3,20 \text{ m}$

- $W_{\text{muro}} = 340,00 \text{ kg/m}^2 * 86,87 \text{ m} * 3,20 \text{ m} = 94 514,56 \text{ kg}$
- Muros segundo nivel
 - Peso de la mampostería = $340,00 \text{ kg/m}^2$
 - Longitud de muros = $86,87 \text{ m}$
 - Altura de muros = $3,20 \text{ m}$
 - $W_{\text{muro}} = 340,00 \text{ kg/m}^2 * 86,87 \text{ m} * 3,20 \text{ m} = 94 514,56 \text{ kg}$

2.8.2. Cálculo de cargas por nivel

- Peso techo
 - $(\text{CM} * \text{área de losa}) + (0,5 * W_{\text{muro segundo nivel}})$
 - $(379,00 \text{ kg/m}^2 * 250,12 \text{ m}^2) + (0,5 * 94 514,56 \text{ kg})$
 - $(94 795,48 \text{ kg}) + (47 257,28 \text{ kg}) = 142 052,76 \text{ kg}$
- Peso segundo nivel
 - $(\text{CM} * \text{área de losa}) + (0,5 * (W_{\text{muro segundo nivel}} + W_{\text{muro primer nivel}}))$
 - $(404,00 \text{ kg/m}^2 * 235,16 \text{ m}^2) + (0,5 * (94 514,56 \text{ kg} + 94 514,56 \text{ kg}))$
 - $(95 004,64 \text{ kg}) + (94 514,56 \text{ kg}) = 189 519,20 \text{ kg}$
- Peso primer nivel
 - $(H/2 + D_f) * (\text{longitud de muros} * \text{peso de la mampostería})$
 - $(1,6 \text{ m} + 1 \text{ m}) * (86,87 \text{ m} * 340,00 \text{ kg/m}^2)$
 - $(2,6 \text{ m}) * (29 535,80 \text{ kg/m}) = 76 793,08 \text{ kg}$

- Peso total de la carga muerta de la estructura
 - $142\,052,76\text{ kg} + 189\,519,20\text{ kg} + 76\,793,08\text{ kg} = 408\,365,04\text{ kg}$

- Peso de carga viva en techo
 - $25\% * (\text{carga viva de techo} * \text{área de losa en techo})$
 - $0,25 * (100,00\text{ kg/m}^2 * 250,12\text{ m}^2) = 6\,253,00\text{ kg}$

- Peso de carga viva en aulas
 - $25\% * (\text{carga viva de aulas} * \text{área aulas})$
 - $0,25 * (200,00\text{ kg/m}^2 * 159,18\text{ m}^2) = 7\,959,00\text{ kg}$

- Peso de carga viva en pasillo
 - $25\% * (\text{carga viva de pasillo} * \text{área pasillo})$
 - $0,25 * (500,00\text{ kg/m}^2 * 75,98\text{ m}^2) = 9\,497,50\text{ kg}$

- Peso total de la carga viva de la estructura
 - $6\,253,00\text{ kg} + 7\,959,00\text{ kg} + 9\,497,50\text{ kg} = 23\,709,50\text{ kg}$

- Peso total de la estructura
 - $W_{\text{total}} = W_{\text{totalCM}} + W_{\text{totalCV}}$
 - $W_{\text{total}} = 408\,365,04\text{ kg} + 23\,709,50\text{ kg}$
 - $W_{\text{total}} = 432\,074,54\text{ kg}$

2.9. Guía para establecer la estructura sismo resistente según AGIES

La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) propone una guía que contiene los pasos para determinar la estructuración sismorresistente, dependiendo del tipo y ubicación de la obra.

- Clasificación de obras

Las obras se clasifican en categorías ocupacionales para los requisitos de diseño por sismo, toda obra nueva o existente se clasifica en una de las diferentes categorías ocupacionales según el impacto socioeconómico que implique la falla o cesación de funciones de la obra.

- Obras utilitarias

Obras destinadas para un uso específico, que albergan personas de manera incidental ya que no cuentan con instalaciones de estar de trabajo o no son habitables.

- Obras ordinarias

Obras que no están clasificadas dentro de las otras categorías, como comercios y viviendas entre otros.

- Obras importantes

Obras que albergan grandes cantidades de personas, donde los ocupantes están restringidos a desplazarse, estas obras albergan valores culturales o equipos de alto costo, también prestan servicios importantes, pero

no esenciales después de un desastre. En esta categoría se encuentran las edificaciones gubernamentales no esenciales, los edificios educativos, museos entre otros.

- Obras esenciales

Son obras que no deben fallar durante y después de un desastre natural o evento. Estas obras deben funcionar para atender cualquier emergencia durante y después de un evento.

- Aspectos sísmicos

Establecen el nivel de protección sísmica del edificio, dependiendo de las condiciones sísmicas del lugar y de la clasificación de la obra. Esto servirá posteriormente para el análisis y el diseño de las obras de infraestructura.

- Índice de sismicidad (I_0)

Es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad, influyen en el nivel de protección sísmica para diseñar la obra o edificación, además influye en la selección del espectro sísmico de diseño. El territorio de Guatemala se divide en macrozonas de amenaza sísmica caracterizadas por su índice de sismicidad que varía desde $I_0 = 2$ a $I_0 = 4$

- Nivel de protección sísmica

Es un parámetro que se utiliza para determinar el nivel mínimo de protección sísmica y la probabilidad del sismo. Este valor depende de la clasificación de la obra y del índice de sismicidad.

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

Índice de sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
lo = 5	E	E	D	C
lo = 4	E	D	D	C
lo = 3	D	C	C	B
lo = 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

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Selección de parámetros

Los parámetros S_{cr} y S_{1r} , son respectivamente la ordenada espectral de período corto y la ordenada espectral con período de 1 segundo del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés.

- Ajustes por clase de sitio

El valor de S_{cr} y S_{1r} deberá ser ajustado a las condiciones en la superficie, según el perfil del suelo que cubra al basamento en el sitio. Esto podrá hacerse en forma específica o en la forma genérica siguiente:

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v$$

Donde:

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

S1s = ordenada espectral correspondiente a periodos de vibración de 1 segundo.

Fa = coeficiente de sitio para períodos cortos.

Fv = coeficiente de sitio para períodos largos.

- Ajustes por intensidades sísmicas especiales

En algunos casos el valor Scr y S1r deberá ser adicionalmente ajustado por la posibilidad de intensidades incrementadas de vibración en el sitio.

$$Scs = Scr * Fa * Na$$

$$S1s = S1r * Fv * Nv$$

Donde:

Na y Nv = factores que se aplican por la proximidad de las amenazas especiales.

Tabla V. **Factor Na para períodos cortos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1,25	1,12	1,0
B	1,12	1,0	1,0
C	1,0	1,0	1,0

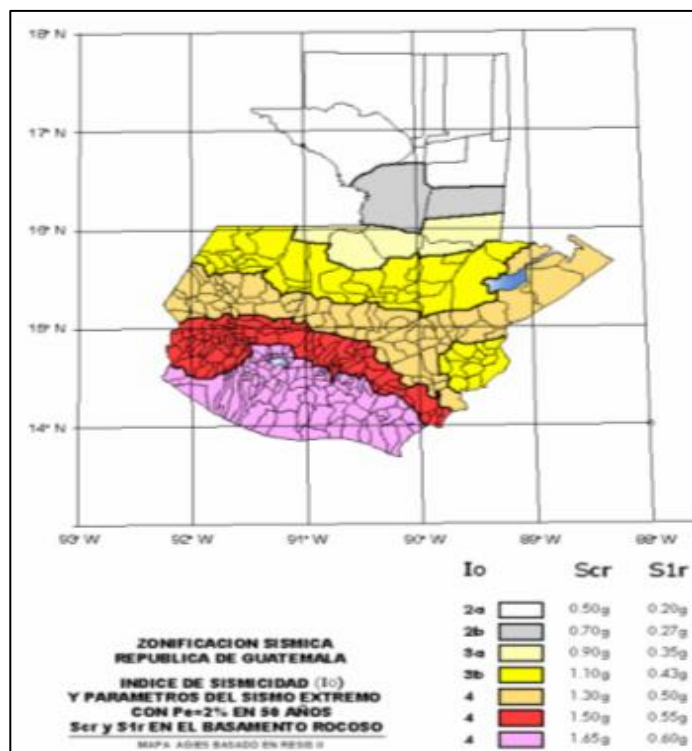
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla VI. Factor Nv para períodos cortos de vibración

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.4	1.2	1.1	1.0
B	1.2	1.1	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 7. Zonificación sísmica para la república de Guatemala



Fuente: Normas AGIES, 2018. *Diseño de estructuras de concreto con referencia del Instituto Nacional de Normas Americanas AGIES*. http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion_ansi-aisc_360-10_para_construcciones_de_acero.pdf. [Consulta: 11 de febrero de 2022].

Tabla VII. **Coefficiente 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				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla VIII. **Coefficiente 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				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Construcción de los espectros de diseño
 - Factores de escala

Los siguientes factores determinan los niveles de diseño:

- Sismo ordinario: 10 % de probabilidad de ser excedido en 50 años. $K_d = 0,66$
- Sismo severo: 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años. $K_d = 0,80$

- Sismo extremo: 2 % de probabilidad de ser excedido en 50 años. $K_d = 1,00$
- Sismo mínimo: condición de excepción. $K_d = 0,55$
- Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

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

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

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

$$S_a(T) = S_{cd} \quad \text{sí } T \leq T_s$$

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

- Período de transición

El período de transición es el que separa los períodos cortos de los largos y está dado de la siguiente manera.

$$T_s = S_{1d} / S_{cd}$$

- Clasificación del sitio

El sitio de interés se clasificará con base en las características del perfil de suelo en los 30 m bajo los cimientos. Los sitios se clasificarán en alguna de las siguientes categorías: AB, C, D, E ó F.

Para Guatemala no se ha considerado distinguir entre perfil A y B, y se utilizan los parámetros correspondientes al perfil B.

- Perfil de suelo de sitios clase AB

Roca o depósitos densos profundos caracterizados por valores promedio de velocidad de onda de corte $V_{ps} > 750$ m/s. En el caso de roca sólida, roca moderadamente fragmentada y moderadamente intemperizada, la velocidad V_{ps} podrá ser estimada por geotecnista, geofísico o geólogo competente. La roca fragmentada, intemperizada o roca relativamente blanda requiere medición de campo de la velocidad V_{ps} o bien se clasificará como suelo C.

No podrá asignarse un perfil AB a un sitio donde haya más de 3,0 metros de un depósito de suelo entre el fondo de los cimientos y la superficie rocosa. Para la ciudad de Guatemala se incluyen los depósitos volcánicos como posibles suelos AB, que comprenden rocas entre sanas y medianamente fracturadas, así como las rocas sedimentarias.

- Perfil de suelo de los sitios clase F

Suelos que contengan en los 30 metros debajo de los cimientos estratos que poseen las siguientes características:

- Suelos propensos a fallar o colapsar bajo carga sísmica, esto incluye los suelos potencialmente licuables, arcillas sensitivas y suelos probablemente cementados.
- Estratos de arcillas con alto contenido orgánico cuyo espesor sea mayor de 3 metros.

- Arcillas con espesores superiores a 7,50 m y un índice de plasticidad mayor a 75.
- Arcillas de rigidez baja a media con $S_u < 50$ kPa en espesores considerables de más de 12 metros.

Sitios con estas características tienden a ser poco confiables sísmicamente. No podrán tratarse como las otras clases de sitio.

- Perfil del suelo en los sitios clase C, D o E

Cuando un sitio no califica como clase AB ni como clase F, se decidirá si es C, D o E utilizando los criterios y mediciones resumidos en la tabla VIII.

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

Clase de Sitio		Vps todo el perfil	Np todo el perfil	Nnc sector no-cohesivo	Suc 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 $Suc < 25$ kPa,			
F	Suelo con problemas especiales				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Sistemas estructurales

Cada estructura o cada parte significativa de la misma se clasificarán, en cada dirección de análisis independientemente, en una de cinco posibles familias E1 a E5.

- Sistema tipo cajón E2

Se conoce como tipo cajón al sistema formado por losas que actúan como diafragmas en el plano horizontal, sostenidas por muros estructurales. Todas las cargas horizontales serán soportadas por los muros y la parte de las cargas verticales que les correspondan por área tributaria, la carga vertical que no sea soportada por los muros será sostenida por columnas de concreto o acero.

Las losas pueden tener vigas incorporadas o ser planas, las vigas no necesitan tener una función sismorresistente, los muros estructurales pueden ser de concreto reforzado o mampostería reforzada. Los muros estructurales podrán ser ordinarios o especiales atendiendo a su capacidad sismorresistente.

Tabla X. **Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismorresistentes**

	Sistema Estructural	R	Ω_r	C_d	Límite de altura en metros Nivel de Protección			
					B	C	D	E
E2	Sistema de cajón							
	Con muros estructurales							
	De concreto reforzado A	5	2.5	5	SL	75	50	30
	De concreto reforzado B	4	2.5	4	50	50	30	NP
	De concreto reforzado BD	5	2.5	3	30	30	15	12
	De mampostería reforzada A	4	2.5	3	30	30	20	15
	Paneles de concreto prefabricado	4	3	3,5	30	30	15	12
	Con paneles de madera	6	3	4	20	20	15	20
Nota: SL = Sin límite, NP = No se permite								

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Parámetros para modelar respuesta sísmica de los sistemas estructurales

- Factor R

Es el factor genérico de reducción de respuesta sísmica, depende de las características genéricas del sistema estructural elegido por los diseñadores.

- Factor Ω_r

Es el factor de sobre-resistencia, se usará para incrementar la resistencia elástica de ciertos componentes críticos de una estructura.

- Factor Cd

Es el factor de amplificación de desplazamiento post-elástico. Se utilizará para estimar la máxima deriva elástica que puede incurrir una estructura.

2.10. Corte basal

El total de las fuerzas sísmicas equivalentes que actúan sobre la edificación, en cada dirección de análisis, se representará por medio del cortante estático equivalente al límite de cedencia en la base de la estructura.

$$V_B = C_s W_s$$

Donde:

V_B = cortante basal al límite de cedencia

C_s = coeficiente sísmico de diseño

W_s = parte del peso de la edificación

- Parámetros para determinar el corte basal en edificio escolar

- Índice de sismicidad

De acuerdo con la ubicación del proyecto y el mapa de zonificación sísmica, se determina el índice de sismicidad y los parámetros S_{cr} y S_{1r} .

$$I_o = 4$$

$$S_{cr} = 1,50 \text{ g}$$

$$S_{1r} = 0,55 \text{ g}$$

- Clase de obra

Un centro educativo alberga una gran cantidad de personas, por lo tanto, se clasifica como una obra importante. De acuerdo a la clase de obra y al índice de sismicidad, se seleccionan los parámetros siguientes:

- Clase de obra = importante
- Nivel mínimo de protección sísmica = D
- Probabilidad de exceder el sismo de diseño = 5 % en 50 años

- Clase de sitio

El suelo donde se llevará a cabo el proyecto se clasifica de la siguiente manera:

Tipo de suelo = D

- Ajuste por clase de sitio

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a * N_a$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v$$

Los coeficientes de sitio se obtienen de las tablas VII y VIII.

$$F_a = 1,0$$

$$F_v = 1,5$$

Los factores de falla cercana N_a y N_v , para períodos cortos de vibración y para períodos largos de vibración respectivamente, se obtienen de la tabla V y VI respectivamente.

$$N_a = 1,0$$

$$N_v = 1,0$$

Con los valores obtenidos anteriormente se determinarán las ordenadas espectrales.

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a * N_a$$

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

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

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v$$

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

$$S_{1s} = 0,83$$

- Factor de escala

Este factor determina el nivel de diseño, de acuerdo con la tabla IV, indica un sismo severo, el cual tiene un 5 % de probabilidad de exceder un sismo de diseño en 50 años.

$$K_d = 0,80$$

- Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

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

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

$$S_{cd} = 1,20$$

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

$$S_{1d} = 0,80 * 0,83$$

$$S_{1d} = 0,66$$

- Períodos de transición

Período T_s que separa los períodos cortos de los largos.

$$T_s = S_{1d} / S_{cd}$$

$$T_s = 0,66 / 1,20$$

$$T_s = 0,55$$

- Período de vibración empírico

El período fundamental de vibración de una edificación se estimará en forma empírica y genérica como:

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

Donde:

h_n = es la altura total del edificio en m

$K_T = 0,049$, $x = 0,75$ para sistemas estructurales E2

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

$$T_a = 0,049 * (6,40)^{0,75}$$

$$T_a = 0,20$$

- Ordenadas espectrales

Las ordenadas espectrales $S_a(T)$ para cualquier período de vibración T , se definen con las siguientes expresiones:

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

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

Revisión

$$T_a \leq T_s$$

$$0,20 \leq 0,55$$

$$S_a(T) = S_{cd}$$

$$S_a(T) = 1,20$$

- Coeficiente sísmico al límite de cedencia C_s

El coeficiente sísmico en cada dirección de análisis se establecerá de la manera siguiente.

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

Donde:

$S_a(T)$ = ordenada espectral para cualquier período de vibración T

R = factor de reducción de respuesta sísmica

$$C_s = 1,20 / 4$$

$$C_s = 0,30$$

- Valores mínimos de C_s

$$C_s \geq 0,044 * S_{cd}$$

$$0,30 \geq 0,044 * 1,20$$

$$0,30 \geq 0,05 \text{ Cumple}$$

$$C_s \geq (0,5 * S_{1r}) / R$$

$$0,30 \geq (0,5 * 0,55) / 4$$

$$0,30 \geq 0,07 \text{ Cumple}$$

- Cálculo de corte basal

$$V_B = C_s W_s$$

$$V_B = 0,30 * 432,07$$

$$V_B = 129,62 \text{ ton}$$

Tabla XI. **Resumen de datos análisis sísmico**

CÁLCULO C_s AGIES NSE 2010	
Uso de la edificación	Edificio escolar
I_o	4
Scr	1,50
S1r	0,55
Clase de obra	D
Tipo de suelo	D
Fa	1,0
Fv	1,5
Na	1,0

Continuación de la tabla XI.

Nv	1,0
Scs	1,50
S1s	0,83
Kd	0,80
Ts	0,55
K _T	0,049
Altura del edificio	6,40
Scd	1,20
S1d	0,66
Período de vibración empírico	0,20
Sistema estructural	E2
Para este caso $T \leq T_s$	
Sa(T)	1,20
Factor R	4
Cs	0,30

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.10.1. Distribución de fuerzas por nivel

La carga sísmica deberá ser distribuida por cada nivel, para determinar las fuerzas y momentos que actuarán en los muros de cada nivel.

El corte basal se distribuirá a lo alto del edificio, la fuerza por nivel se calculará de la siguiente forma:

$$F_i = C_{vi} * V_B$$

$$C_{vi} = \frac{W_i * h_i}{\sum_{i=1}^n (W_i * h_i)}$$

Donde:

V_B = esfuerzo de corte basal total de diseño

W_i = peso del nivel de análisis

h_i = altura del nivel de piso

Tabla XII. **Distribución de fuerzas por nivel**

Distribución de fuerzas por nivel								
Nivel	W peso (ton)	h altura (m)	W*h	Fi (ton)	Fx (ton)	Vx acum (ton)	Fy (ton)	Vy acum (ton)
techo	148,31	6,40	949,16	76,35	25,45	25,45	12,72	12,72
2	206,98	3,20	662,32	53,27	17,76	43,21	8,88	21,60
1	76,79	0,00	0,00	0,00	0,00	43,21	0,00	21,60
	432,07		1 611,48					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.10.2. Cálculo de momentos de volteo

Las cargas laterales producidas por los sismos generan momentos de volteo sobre las estructuras, si los momentos de volteo son lo suficientemente grandes, pueden sobrepasar la carga muerta e inducir tensiones en los extremos de los muros de corte.

Los momentos de volteo pueden generar grandes fuerzas de compresión que requieran un aumento en la resistencia específica de la mampostería ($f'm$) que se utilizará, llegando a ser necesario el incremento en el acero de refuerzo o un aumento del ancho de las unidades de mampostería.

El cálculo del momento de volteo en cada nivel de la estructura dependerá de la distribución de fuerzas calculadas anteriormente, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Distribución de momentos por nivel**

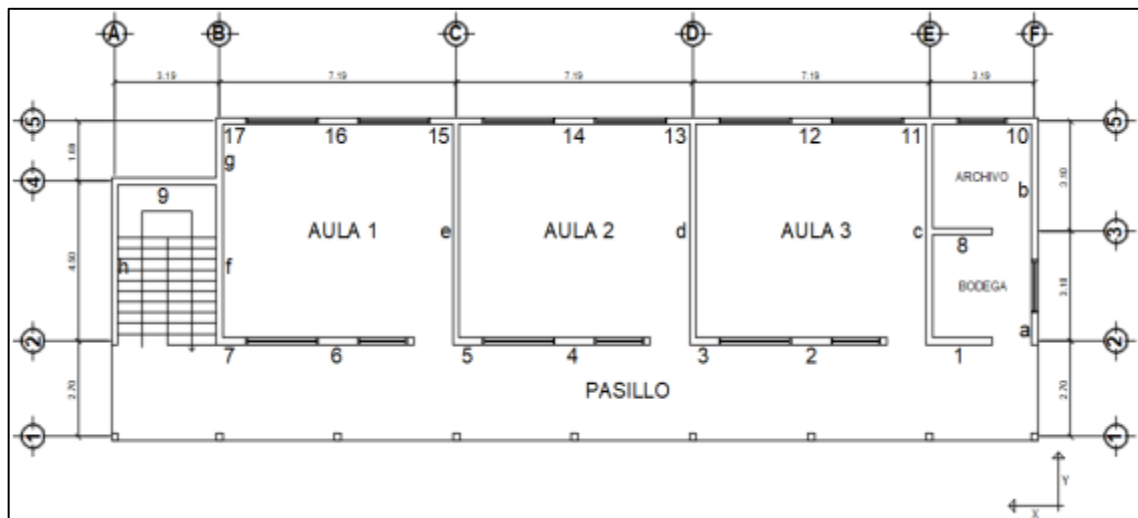
Momentos de volteo por nivel										
Nivel	Fix (ton)	h altura	Fix*h	Hi-Hx	Mx (ton*m)	Fiy (ton)	h altura	Fiy*h	Hi-Hx	My (ton*m)
techo	25,45	6,40	162,88	0,00	0,00	12,72	6,40	81,41	0	0,00
2	17,76	3,20	56,83	3,20	81,44	8,88	3,20	28,41	3,20	40,70
1	0,00	0,00	0,00	3,20	219,71	0,00	0,00	0,00	3,20	109,82
Total	43,21		219,71			21,60		109,82		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.11. Solución por análisis simplista

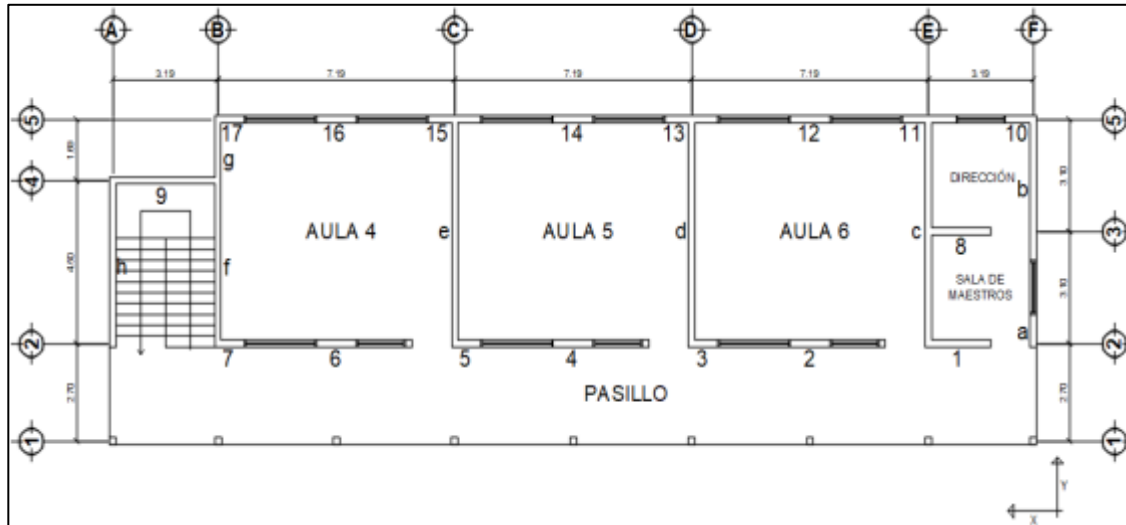
Para realizar el análisis simplista se deben enumerar los muros horizontales y verticales de la estructura para los dos niveles. La distribución de la carga lateral requiere el cálculo del centro de masa y la rigidez de los muros que están únicamente en la dirección del sismo.

Figura 8. **Muros estructurales primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 9. Muros estructurales segundo nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XIV. Distribución de muros estructurales primer nivel

Muro	Longitud	Dirección
1	1,99	X
2	1,20	X
3	0,89	X
4	1,20	X
5	0,89	X
6	1,20	X
7	0,89	X
8	1,99	X
9	3,38	X
10	0,94	X
11	1,64	X
12	1,20	X
13	1,59	X
14	1,20	X
15	1,59	X
16	1,20	X
17	0,89	X

Muro	Longitud	Dirección
a	0,89	Y
b	3,99	Y
c	6,38	Y
d	6,38	Y
e	6,38	Y
f	4,50	Y
g	1,88	Y
h	4,69	Y

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XV. **Distribución de muros estructurales segundo nivel**

Muro	Longitud	Dirección
1	1,99	X
2	1,20	X
3	0,89	X
4	1,20	X
5	0,89	X
6	1,20	X
7	0,89	X
8	1,99	X
9	3,38	X
10	0,94	X
11	1,64	X
12	1,20	X
13	1,59	X
14	1,20	X
15	1,59	X
16	1,20	X
17	0,89	X

Muro	Longitud	Dirección
a	0,89	Y
b	3,99	Y
c	6,38	Y
d	6,38	Y
e	6,38	Y
f	4,50	Y
g	1,88	Y
h	4,69	Y

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.11.1. Localización del centro de masa

El centro de masa es el punto matemático donde se asume que todo el peso o masa de la estructura se ha de concentrar. Se obtiene por medio del cálculo de momentos desde un punto base hacia cada una de las longitudes de los elementos y dividiéndola por la suma de todos los momentos por la longitud total de los mismos.

Tabla XVI. **Centro de masa de la estructura en sentido X**

Muro	Longitud	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y
1	1,99	2,39	0,00	4,76	0,00
2	1,20	6,88	0,00	8,26	0,00
3	0,89	10,13	0,00	9,02	0,00
4	1,20	14,07	0,00	16,88	0,00

Continuación de la tabla XVI.

5	0,89	17,32	0,00	15,41	0,00
6	1,20	21,26	0,00	25,51	0,00
7	0,89	24,51	0,00	21,81	0,00
8	1,99	2,39	3,10	4,76	6,17
9	3,38	26,45	4,50	89,40	15,21
10	0,94	0,47	6,20	0,44	5,83
11	1,64	3,29	6,20	5,40	10,17
12	1,20	6,88	6,20	8,26	7,44
13	1,59	10,48	6,20	16,66	9,86
14	1,20	14,07	6,20	16,88	7,44
15	1,59	17,67	6,20	28,10	9,86
16	1,20	21,26	6,20	25,51	7,44
17	0,89	24,51	6,20	21,81	5,52
Total	23,88			318,87	84,93

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XVII. **Centro de masa de la estructura en sentido Y**

Muro	Longitud	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y
a	0,89	0	0,45	0,00	0,40
b	3,99	0	4,39	0,00	17,52
c	6,38	3,29	3,19	20,99	20,35
d	6,38	10,48	3,19	66,86	20,35
e	6,38	17,67	3,19	112,73	20,35
f	4,50	24,86	2,25	111,87	10,13
g	1,88	24,86	5,44	46,74	10,23
h	4,69	28,05	2,35	131,55	11,02
Total	35,09			490,75	110,35

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

$$X = \frac{\Sigma(L * X)}{\Sigma(L)}$$

$$X = \frac{\Sigma(318,87 + 490,75)}{\Sigma(23,88 + 35,09)}$$

$$X = 13,73$$

$$Y = \frac{\Sigma(L * Y)}{\Sigma(L)}$$

$$Y = \frac{\Sigma(84,93 + 110,35)}{\Sigma(23,88 + 35,09)}$$

$$Y = 3,31$$

2.11.2. Localización del centro de rigidez

El centro de rigidez es el punto matemático que concentra toda la rigidez del sistema en el nivel del sistema que se esté analizando. Es el eje por el cual el centro de masa y las fuerzas laterales suelen rotar. La rigidez está relacionada con la deformación de la edificación ante la acción de las cargas. La estructura deberá tener suficiente cantidad de elementos para que la deformación lateral no sea excesiva. La rigidez se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{1}{\Delta}$$

Donde:

R = rigidez relativa del elemento estructural

Δ = deformación por flexión más la deformación por corte

Para muros en voladizo se deberá utilizar la siguiente expresión:

$$\Delta_{Voladizo} = \frac{P}{E_m * t} * \left[\left(\frac{h}{d} \right)^3 + 3 \left(\frac{h}{d} \right) \right]$$

Para muros empotrados se deberá utilizar la siguiente expresión:

$$\Delta_{Empotrado} = \frac{P}{E_m * t} * \left[4 \left(\frac{h}{d} \right)^3 + 3 \left(\frac{h}{d} \right) \right]$$

Donde:

P = fuerza que actúa en el nivel de piso a trabajar

E_m = módulo de elasticidad

t = ancho del muro

h = altura nivel del edificio

d = longitud del muro

La rigidez depende del módulo de elasticidad de la mampostería E_m, para trabajar con valores pequeños que a la larga no afectan en el análisis.

Para realizar el cálculo de la rigidez del primer nivel del edificio escolar, se tienen los siguientes datos:

$$t = 20 \text{ cm}$$

$$f'm = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_m = 750 * f'm = 52\,500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_m * t = 52\,500 \text{ kg/cm}^2 * 20 \text{ cm} = 1\,050\,000 \text{ kg/cm}$$

$$P = FX_{n-2} = 43\,210,00 \text{ kg}$$

$$P / (E_m * t) = 43\,210,00 \text{ kg} / 1\,050\,000 \text{ kg/cm} = 0,04 \text{ cm}$$

La carga P será la que se calculó previamente para ambas direcciones en el mismo nivel, la fórmula a utilizar será la de muro empotrado.

- Ejemplo de cálculo de rigidez:

Se realizará el cálculo de la rigidez del muro 1, con los datos siguientes:

$$P = 43\,210,00 \text{ kg}$$

$$E_m * t = 1\,050\,000 \text{ kg/cm}$$

$$P / (E_m * t) = 0,04 \text{ cm}$$

$$h = 3,20 \text{ m}$$

$$d = 1,99 \text{ m}$$

$$R = \frac{1}{0,04 * \left[4 \left(\frac{3,20}{1,99} \right)^3 + 3 \left(\frac{3,20}{1,99} \right) \right]}$$

$$R = 1,13$$

Para el cálculo de la rigidez de los demás muros se utiliza el mismo procedimiento.

Tabla XVIII. **Cálculo del centro de rigidez sentido X del edificio, primer nivel**

Muro	Longitud	H/L	(H/L) ³	3*H/L	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y	Rigidez	R*Y
1	1,99	1,61	4,16	4,82	2,39	0,00	4,76	0,00	1,13	0,00
2	1,20	2,67	18,96	8,00	6,88	0,00	8,26	0,00	0,29	0,00
3	0,89	3,60	46,48	10,79	10,13	0,00	9,02	0,00	0,12	0,00
4	1,20	2,67	18,96	8,00	14,07	0,00	16,88	0,00	0,29	0,00

Continuación de la tabla XVIII.

5	0,89	3,60	46,48	10,79	17,32	0,00	15,41	0,00	0,12	0,00
6	1,20	2,67	18,96	8,00	21,26	0,00	25,51	0,00	0,29	0,00
7	0,89	3,60	46,48	10,79	24,51	0,00	21,81	0,00	0,12	0,00
8	1,99	1,61	4,16	4,82	2,39	3,10	4,76	6,17	1,13	3,51
9	3,38	0,95	0,85	2,84	26,45	4,50	89,40	15,21	3,90	17,54
10	0,94	3,40	39,45	10,21	0,47	6,20	0,44	5,83	0,14	0,90
11	1,64	1,95	7,43	5,85	3,29	6,20	5,40	10,17	0,68	4,24
12	1,20	2,67	18,96	8,00	6,88	6,20	8,26	7,44	0,29	1,80
13	1,59	2,01	8,15	6,04	10,48	6,20	16,66	9,86	0,63	3,90
14	1,20	2,67	18,96	8,00	14,07	6,20	16,88	7,44	0,29	1,80
15	1,59	2,01	8,15	6,04	17,67	6,20	28,10	9,86	0,63	3,90
16	1,20	2,67	18,96	8,00	21,26	6,20	25,51	7,44	0,29	1,80
17	0,89	3,60	46,48	10,79	24,51	6,20	21,81	5,52	0,12	0,77

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Ejemplo de cálculo de rigidez:

Se realizará el cálculo de la rigidez del muro a, con los datos siguientes:

$$P = 21\ 600,00 \text{ kg}$$

$$E_m * t = 1\ 050\ 000 \text{ kg/cm}$$

$$P / (E_m * t) = 0,02 \text{ cm}$$

$$h = 3,20 \text{ m}$$

$$d = 0,89 \text{ m}$$

$$R = \frac{1}{0,02 * \left[4 \left(\frac{3,20}{0,89} \right)^3 + 3 \left(\frac{3,20}{0,89} \right) \right]}$$

$$R = 0,25$$

Para el cálculo de la rigidez de los demás muros se utiliza el mismo procedimiento.

Tabla XIX. **Cálculo del centro de rigidez sentido Y del edificio, primer nivel**

Muro	Longitud	H/L	(H/L) ³	3*H/L	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y	Rigidez	R*X
a	0,89	3,60	46,48	10,79	0,00	0,45	0,00	0,40	0,25	0,00
b	3,99	0,80	0,52	2,41	0,00	4,39	0,00	17,52	10,88	0,00
c	6,38	0,50	0,13	1,50	3,29	3,19	20,99	20,35	24,19	79,59
d	6,38	0,50	0,13	1,50	10,48	3,19	66,86	20,35	24,19	253,53
e	6,38	0,50	0,13	1,50	17,67	3,19	112,73	20,35	24,19	427,47
f	4,50	0,71	0,36	2,13	24,86	2,25	111,87	10,13	13,61	338,35
g	1,88	1,70	4,93	5,11	24,86	5,44	46,74	10,23	1,96	48,67
h	4,69	0,68	0,32	2,05	28,05	2,35	131,55	11,02	14,65	411,02

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para realizar el cálculo de la rigidez del segundo nivel del edificio escolar, se tienen los siguientes datos:

$$t = 20 \text{ cm}$$

$$f'm = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_m = 750 * f'm = 52\,500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_m * t = 52\,500 \text{ kg/cm}^2 * 20 \text{ cm} = 1\,050\,000 \text{ kg/cm}$$

$$P = FX_{\text{techo}} = 25\,450,00 \text{ kg}$$

$$P / (E_m * t) = 76\,346,00 \text{ kg} / 1\,050\,000 \text{ kg/cm} = 0,02 \text{ cm}$$

La carga P será la que se calculó previamente para ambas direcciones en el mismo nivel, la fórmula a utilizar será la de muro empotrado.

- Ejemplo de cálculo de rigidez:

Se realizará el cálculo de la rigidez del muro 1, con los datos siguientes:

$$\begin{aligned}
 P &= 25\,450,00 \text{ kg} \\
 E_m * t &= 1\,050\,000 \text{ kg/cm} \\
 P / (E_m * t) &= 0,02 \text{ cm} \\
 h &= 3,20 \text{ m} \\
 d &= 1,99 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$R = \frac{1}{0,02 * \left[4 \left(\frac{3,20}{1,99} \right)^3 + 3 \left(\frac{3,20}{1,99} \right) \right]}$$

$$R = 1,92$$

Para el cálculo de la rigidez de los demás muros se utiliza el mismo procedimiento.

Tabla XX. **Cálculo del centro de rigidez sentido X del edificio, segundo nivel**

Muro	Longitud	H/L	(H/L)^3	3*H/L	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y	Rigidez	R*Y
1	1,99	1,61	4,16	4,82	2,39	0,00	4,76	0,00	1,92	0,00
2	1,20	2,67	18,96	8,00	6,88	0,00	8,26	0,00	0,49	0,00
3	0,89	3,60	46,48	10,79	10,13	0,00	9,02	0,00	0,21	0,00
4	1,20	2,67	18,96	8,00	14,07	0,00	16,88	0,00	0,49	0,00
5	0,89	3,60	46,48	10,79	17,32	0,00	15,41	0,00	0,21	0,00
6	1,20	2,67	18,96	8,00	21,26	0,00	25,51	0,00	0,49	0,00
7	0,89	3,60	46,48	10,79	24,51	0,00	21,81	0,00	0,21	0,00
8	1,99	1,61	4,16	4,82	2,39	3,10	4,76	6,17	1,92	5,96
9	3,38	0,95	0,85	2,84	26,45	4,50	89,40	15,21	6,62	29,78
10	0,94	3,40	39,45	10,21	0,47	6,20	0,44	5,83	0,25	1,52
11	1,64	1,95	7,43	5,85	3,29	6,20	5,40	10,17	1,16	7,19

Continuación de la tabla XX.

12	1,20	2,67	18,96	8,00	6,88	6,20	8,26	7,44	0,49	3,05
13	1,59	2,01	8,15	6,04	10,48	6,20	16,66	9,86	1,07	6,62
14	1,20	2,67	18,96	8,00	14,07	6,20	16,88	7,44	0,49	3,05
15	1,59	2,01	8,15	6,04	17,67	6,20	28,10	9,86	1,07	6,62
16	1,20	2,67	18,96	8,00	21,26	6,20	25,51	7,44	0,49	3,05
17	0,89	3,60	46,48	10,79	24,51	6,20	21,81	5,52	0,21	1,30

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Ejemplo de cálculo de rigidez:

Se realizará el cálculo de la rigidez del muro a, con los datos siguientes:

$$P = 12\,720,00 \text{ kg}$$

$$E_m * t = 1\,050\,000 \text{ kg/cm}$$

$$P / (E_m * t) = 0,01 \text{ cm}$$

$$h = 3,20 \text{ m}$$

$$d = 1,99 \text{ m}$$

$$R = \frac{1}{0,01 * \left[4 \left(\frac{3,20}{0,89} \right)^3 + 3 \left(\frac{3,20}{0,89} \right) \right]}$$

$$R = 0,42$$

Para el cálculo de la rigidez de los demás muros se utiliza el mismo procedimiento.

Tabla XXI. **Cálculo del centro de rigidez sentido Y del edificio, segundo nivel**

Muro	Longitud	H/L	(H/L) ³	3*H/L	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y	Rigidez	R*X
a	0,89	3,60	46,48	10,79	0,00	0,45	0,00	0,40	0,42	0,00
b	3,99	0,80	0,52	2,41	0,00	4,39	0,00	17,52	18,47	0,00
c	6,38	0,50	0,13	1,50	3,29	3,19	20,99	20,35	41,08	135,15
d	6,38	0,50	0,13	1,50	10,48	3,19	66,86	20,35	41,08	430,52
e	6,38	0,50	0,13	1,50	17,67	3,19	112,73	20,35	41,08	725,89
f	4,5	0,71	0,36	2,13	24,86	2,25	111,87	10,13	23,11	574,55
g	1,88	1,70	4,93	5,11	24,86	5,44	46,74	10,23	3,32	82,64
h	4,69	0,68	0,32	2,05	28,05	2,35	131,55	11,02	24,88	697,96

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Resultados de análisis primer nivel

Tabla XXII. **Resultado análisis primer nivel**

Resultados parciales para el análisis simplista primer nivel							
Lx	23,88	Rx	10,48	L*X	809,62	R*X	1 558,62
Ly	35,09	Ry	113,92	L*Y	195,28	R*Y	40,14
L	58,97						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Con los resultados obtenidos se procede a calcular el centro de masa y centro de rigidez de los muros, así como el centro de masa de entrepiso del primer nivel.

- Centro de masa de los muros:

$$X = \frac{L * X}{L} = \frac{809,62}{58,97} = 13,73 \text{ m}$$

$$Y = \frac{L * Y}{L} = \frac{195,28}{58,97} = 3,31 \text{ m}$$

- Centro de rigidez de los muros:

$$X_{cr} = \frac{R * X}{Ry} = \frac{1\ 558,62}{113,92} = 13,68 \text{ m}$$

$$Y_{cr} = \frac{R * Y}{Rx} = \frac{40,14}{10,48} = 3,83 \text{ m}$$

- Centro de masa de entrepiso:

$$X = \frac{\text{Longitud en X}}{2} = \frac{28,14}{2} = 14,07 \text{ m}$$

$$Y = \frac{\text{Longitud en Y}}{2} = \frac{6,38}{2} = 3,19 \text{ m}$$

- Resultados de análisis segundo nivel

Tabla XXIII. **Resultado análisis segundo nivel**

Resultados parciales para el análisis simplista segundo nivel							
Lx	23,88	Rx	17,79	L*X	809,62	R*X	2 646,71
Ly	35,09	Ry	193,45	L*Y	195,28	R*Y	68,14
L	58,97						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Con los resultados obtenidos se procede a calcular, el centro de masa y centro de rigidez de los muros, así como el centro de masa de entrepiso del segundo nivel.

- Centro de masa de los muros:

$$X = \frac{L * X}{L} = \frac{809,62}{58,97} = 13,73 \text{ m}$$

$$Y = \frac{L * Y}{L} = \frac{195,28}{58,97} = 3,31 \text{ m}$$

- Centro de rigidez de los muros:

$$X_{cr} = \frac{R * X}{Ry} = \frac{2\ 646,71}{193,45} = 13,68 \text{ m}$$

$$Y_{cr} = \frac{R * Y}{Rx} = \frac{68,14}{17,79} = 3,83 \text{ m}$$

- Centro de masa de entrepiso:

$$X = \frac{\text{Longitud en X}}{2} = \frac{28,14}{2} = 14,07 \text{ m}$$

$$Y = \frac{\text{Longitud en Y}}{2} = \frac{6,38}{2} = 3,19 \text{ m}$$

- Cálculo de centro de masa combinado (losa + muros):

$$W_{\text{losa techo}} = \text{carga muerta de techo} * \text{área de losa}$$

$$W_{\text{losa techo}} = 379,00 \text{ kg/m}^2 * 250,12 \text{ m}^2 = 94\,795,48 \text{ kg}$$

$$W_{\text{losa de entrepiso}} = \text{carga muerta entrepiso} * \text{área losa de entrepiso}$$

$$W_{\text{losa de entrepiso}} = 404,00 \text{ kg/m}^2 * 235,16 \text{ m}^2 = 95\,004,64 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muros segundo nivel}} = \text{peso mampostería} * \text{perímetro de muros} * \text{altura}$$

$$W_{\text{muros segundo nivel}} = 340,00 \text{ kg/m}^2 * 86,87 \text{ m} * 3,20 \text{ m} = 94\,514,56 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muros primer nivel}} = \text{peso mampostería} * \text{perímetro de muros} * \text{altura}$$

$$W_{\text{muros primer nivel}} = 340,00 \text{ kg/m}^2 * 86,87 \text{ m} * 3,20 \text{ m} = 94\,514,56 \text{ kg}$$

$$X_{\text{entrepiso}} = \frac{(W_{\text{muros}} * CM_{x\text{muros}}) + (W_{\text{losaentrepiso}} * CM_{x\text{entrepiso}})}{W_{\text{muros}} + W_{\text{losaentrepiso}}}$$

$$X_{\text{entrepiso}} = \frac{(94\,514,56 \text{ kg} * 13,73 \text{ m}) + (95\,004,64 \text{ kg} * 14,07 \text{ m})}{94\,514,56 \text{ kg} + 95\,004,64 \text{ kg}}$$

$$X_{\text{entrepiso}} = 13,90 \text{ m}$$

$$Y_{\text{entrepiso}} = \frac{(W_{\text{muros}} * CM_{y\text{muros}}) + (W_{\text{losaentrepiso}} * CM_{y\text{entrepiso}})}{W_{\text{muros}} + W_{\text{losaentrepiso}}}$$

$$Y_{\text{entrepiso}} = \frac{(94\,514,56 \text{ kg} * 3,31 \text{ m}) + (95\,004,64 \text{ kg} * 3,19 \text{ m})}{94\,514,56 \text{ kg} + 95\,004,64 \text{ kg}}$$

$$Y_{\text{entrepiso}} = 3,25 \text{ m}$$

$$X_{\text{techo}} = \frac{(W_{\text{muros}} * CM_{x\text{muros}}) + (W_{\text{losatecho}} * CM_{x\text{techo}})}{W_{\text{muros}} + W_{\text{losatecho}}}$$

$$X_{\text{techo}} = \frac{(94\,514,56 \text{ kg} * 13,73 \text{ m}) + (94\,795,48 \text{ kg} * 14,07 \text{ m})}{94\,514,56 \text{ kg} + 94\,795,48 \text{ kg}}$$

$$X_{\text{techo}} = 13,90 \text{ m}$$

$$Y_{techo} = \frac{(W_{muros} * CM_{ymuros}) + (W_{losatecho} * CM_{ytecho})}{W_{muros} + W_{losatecho}}$$

$$Y_{techo} = \frac{(94\,514,56 \text{ kg} * 3,31 \text{ m}) + (94\,795,48 \text{ kg} * 3,19 \text{ m})}{94\,514,56 \text{ kg} + 94\,795,48 \text{ kg}}$$

$$Y_{techo} = 3,25 \text{ m}$$

2.11.3. Excentricidades

La excentricidad es la distancia que existe entre el centro de masa y el centro de rigidez. La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica recomienda que los valores de excentricidad de cada nivel se incrementen en un 5 % debido a la torsión accidental generada por la variación de las cargas reales.

Agies NSE 2010 sugiere las fórmulas siguientes:

$$e_x = e_x(\text{calculada}) + 0,05 * \text{Longitud en X}$$

$$e_y = e_y(\text{calculada}) + 0,05 * \text{Longitud en Y}$$

- Cálculo de excentricidad con respecto al centro de rigidez

- Entrepiso

$$e'_x = |X_{cr} - X|$$

$$e'_x = |13,68 - 14,07|$$

$$e'_x = 0,39$$

$$e'_y = |Y_{cr} - Y|$$

$$e'_y = |3,83 - 3,19|$$

$$e'_y = 0,64$$

$$e_{min} = 0,05 * \text{Longitud en X}$$

$$e_{min} = 0,05 * 28,14$$

$$e_{min} = 1,41$$

$$e_{min} = 0,05 * \text{Longitud en Y}$$

$$e_{min} = 0,05 * 6,38$$

$$e_{min} = 0,32$$

$$e = 1,80$$

$$e = 0,96$$

- Techo

$$e'x = |X_{cr} - X|$$

$$e'y = |Y_{cr} - Y|$$

$$e'x = |13,68 - 14,07|$$

$$e'y = |3,83 - 3,19|$$

$$e'x = 0,39$$

$$e'y = 0,64$$

$$e_{min} = 0,05 * \text{Longitud en X}$$

$$e_{min} = 0,05 * \text{Longitud en Y}$$

$$e_{min} = 0,05 * 28,14$$

$$e_{min} = 0,05 * 6,38$$

$$e_{min} = 1,41$$

$$e_{min} = 0,32$$

$$e = 1,80$$

$$e = 0,96$$

2.12. Diseño de mampostería

Con base en el método de esfuerzos de trabajo, el diseño de mampostería permite realizar el diseño de elementos capaces de soportar las cargas reales que actúan sobre la estructura, con la finalidad de que los esfuerzos unitarios de los materiales no excedan los límites proporcionales de cada uno de los materiales.

Para el análisis simplista de una estructura con muros de mampostería confinada, se debe tomar en cuenta las siguientes suposiciones.

- Los muros tienden a experimentar ladeo paralelo al plano que contiene el muro, en el sentido contrario no son considerados.
- Los muros se comportarán en general, como elementos verticales sujetos a fuerzas horizontales, concentradas en los niveles de piso.

- Para la distribución de fuerza lateral en cada muro deberá considerarse únicamente en los muros paralelos a la dirección en que esta actúa, generando dos efectos sobre ellos, los cuales son: traslación en la misma dirección y rotación respecto al centro de rigidez cuando no coincide con el centro de masa.
- Distribución de fuerzas y momentos en los muros, para la distribución de las fuerzas de corte de sismo y torsionales, así como la distribución de los momentos de volteo, se utilizarán las siguientes fórmulas:
 - Fuerza de corte

Será distribuida de acuerdo a las rigideces relativas de los muros.

$$F_v = \frac{R}{\sum R} * 2V$$

- Fuerzas horizontales de sismo

Los muros de mampostería reforzada, que son los encargados de resistir las fuerzas horizontales de sismo, serán diseñados para resistir dos veces la fuerza de corte que actúa en la estructura.

$$2V = \text{Corte}$$

- Fuerzas torsionales

El momento torsionante que actúa sobre la estructura, genera fuerzas torsionales y se calculan a través de la siguiente expresión:

$$Ft = \frac{R * d}{\sum(R * d^2)} * MT$$

Donde:

$$MT = e * V$$

- Momentos de volteo

Los momentos de volteo son generados por las fuerzas horizontales y se calculan con la siguiente ecuación:

$$M_{volteo} = \frac{R}{\sum R} * Mv$$

- Ejemplo de cálculo

Se realizarán los cálculos para el primer muro, con los datos siguientes:

$$R = 1,13$$

$$\Sigma R = 10,48$$

$$d = - 3,83$$

$$V = 43 210,00 \text{ kg}$$

$$\Sigma(R*d^2) = 54,45$$

$$e = 0,96$$

$$Mv = 219 710,00 \text{ kg}$$

$$h = 3,20 \text{ m}$$

$$Fv = \frac{1,13}{10,48} * 2 * 43 210,00 \text{ kg}$$

$$F_v = 9\,338,20 \text{ kg}$$

$$F_t = \frac{(1,13) * (-3,83)}{54,45} * 0,96 * 43\,210,00 \text{ kg}$$

$$F_t = -3\,298,66 \text{ kg}$$

$$M_{vi} = \frac{1,13}{10,48} * 219\,710,00 \text{ kg} * m$$

$$M_{vi} = 23\,741,00 \text{ kg} * m$$

$$M_{ti} = F_t * h$$

$$M_{ti} = (-3\,298,66 \text{ kg}) * 3,20 \text{ m} = -10\,555,70 \text{ kg} * m$$

$$M_{dis} = M_{vi} + M_{ti}$$

$$M_{dis} = 23\,741,00 \text{ kg} * m - 10\,555,70 \text{ kg} * m$$

$$M_{dis} = 23\,741,00 \text{ kg} * m$$

Siendo el momento actuante la suma vectorial de M_v y M_{ti} , pero si se obtiene un resultado menor, se debe utilizar el momento mayor. Para los cálculos de los demás muros se utiliza el mismo procedimiento.

Tabla XXIV. Resultado análisis de mampostería, primer nivel X-X

Muro	Rigidez	Distancia Y al eje X	dy	R * dy	R * dy ²	Fv	Ft	F = Fv + Ft	Mvi (kg-m)	Mti (kg-m)	Mdis (kg-m)
1	1,13	0,00	-3,83	-4,34	16,61	9 338,20	-3 298,66	9 338,20	23 741,00	-10 555,70	23 741,00
2	0,29	0,00	-3,83	-1,11	4,25	2 389,50	-844,07	2 389,50	6 074,94	-2 701,04	6 074,94
3	0,12	0,00	-3,83	-0,47	1,81	1 018,56	-359,80	1 018,56	2 589,54	-1 151,36	2 589,54
4	0,29	0,00	-3,83	-1,11	4,25	2 389,50	-844,07	2 389,50	6 074,94	-2 701,04	6 074,94
5	0,12	0,00	-3,83	-0,47	1,81	1 018,56	-359,80	1 018,56	2 589,54	-1 151,36	2 589,54
6	0,29	0,00	-3,83	-1,11	4,25	2 389,50	-844,07	2 389,50	6 074,94	-2 701,04	6 074,94
7	0,12	0,00	-3,83	-0,47	1,81	1 018,56	-359,80	1 018,56	2 589,54	-1 151,36	2 589,54
8	1,13	3,10	-0,73	-0,83	0,60	9 338,20	-628,30	9 338,20	23 741,00	-2 010,54	23 741,00
9	3,90	4,50	0,67	2,61	1,75	32 137,35	1 988,06	34 125,40	81 704,42	6 361,79	88 066,21
10	0,14	6,20	2,37	0,34	0,81	1 192,50	260,77	1 453,28	3 031,76	834,48	3 866,24
11	0,68	6,20	2,37	1,62	3,84	5 633,13	1 231,84	6 864,97	14 321,39	3 941,90	18 263,30
12	0,29	6,20	2,37	0,69	1,63	2 389,50	522,53	2 912,03	6 074,94	1 672,10	7 747,05
13	0,63	6,20	2,37	1,49	3,53	5 184,69	1 133,78	6 318,47	13 181,30	3 628,10	16 809,39
14	0,29	6,20	2,37	0,69	1,63	2 389,50	522,53	2 912,03	6 074,94	1 672,10	7 747,05
15	0,63	6,20	2,37	1,49	3,53	5 184,69	1 133,78	6 318,47	13 181,30	3 628,10	16 809,39
16	0,29	6,20	2,37	0,69	1,63	2 389,50	522,53	2 912,03	6 074,94	1 672,10	7 747,05
17	0,12	6,20	2,37	0,29	0,69	1 018,56	222,74	1 241,30	2 589,54	712,76	3 302,30
	10,48				54,45						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXV. Resultado análisis de mampostería, primer nivel Y-Y

Muro	Rigidez	Distancia X al eje Y	dx	R * dx	R * dx ²	Fv	Ft	F = Fv + Ft	Mvi (kg-m)	Mti (kg-m)	Mdis (kg-m)
a	0,25	0,00	-13,68	-3,38	46,26	93,71	-12,73	93,71	238,23	-40,74	238,23
b	10,88	0,00	-13,68	-148,81	2 035,95	4 124,48	-560,34	4 124,48	10 484,95	-1 793,09	10 484,95
c	24,19	3,29	-10,39	-251,39	2 612,43	9 173,87	-946,64	9 173,87	23 321,16	-3 029,25	23 321,16
d	24,19	10,48	-3,20	-77,46	248,00	9 173,87	-291,67	9 173,87	23 321,16	-933,33	23 321,16
e	24,19	17,67	3,99	96,48	384,79	9 173,87	363,31	9 537,17	23 321,16	1 162,58	24 483,74
f	13,61	24,86	11,18	152,14	1 700,61	5 161,16	572,88	5 734,03	13 120,33	1 833,21	14 953,53
g	1,96	24,86	11,18	21,88	244,60	742,35	82,40	824,75	1 887,14	263,68	2 150,82
h	14,65	28,05	14,37	210,54	3 025,07	5 556,71	792,80	6 349,51	14 125,87	2 536,95	16 662,83
	113,92				10 297,71						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXVI. Resultado análisis de mampostería, segundo nivel X-X

Muro	Rigidez	Distancia Y al eje X	dy	R * dy	R * dy ²	Fv	Ft	F = Fv + Ft	Mvi (kg-m)	Mti (kg-m)	Mdis (kg-m)
1	1,92	0,00	-3,83	-7,36	28,20	5 500,05	-1 942,86	5 500,05	8 800,09	-6 217,14	8 800,09
2	0,49	0,00	-3,83	-1,88	7,22	1 407,38	-497,15	1 407,38	2 251,80	-1 590,87	2 251,80
3	0,21	0,00	-3,83	-0,80	3,08	599,92	-211,92	599,92	959,87	-678,13	959,87
4	0,49	0,00	-3,83	-1,88	7,22	1 407,38	-497,15	1 407,38	2 251,80	-1 590,87	2 251,80
5	0,21	0,00	-3,83	-0,80	3,08	599,92	-211,92	599,92	959,87	-678,13	959,87
6	0,49	0,00	-3,83	-1,88	7,22	1 407,38	-497,15	1 407,38	2 251,80	-1 590,87	2 251,80
7	0,21	0,00	-3,83	-0,80	3,08	599,92	-211,92	599,92	959,87	-678,13	959,87
8	1,92	3,10	-0,73	-1,40	1,02	5 500,05	-370,06	5 500,05	8 800,09	-1 184,18	8 800,09
9	6,62	4,50	0,67	4,44	2,98	18 928,38	1 170,94	20 099,32	30 285,41	3 746,99	34 032,41
10	0,25	6,20	2,37	0,58	1,38	702,36	153,59	855,96	1 123,78	491,49	1 615,28
11	1,16	6,20	2,37	2,75	6,52	3 317,82	725,54	4 043,36	5 308,52	2 321,72	7 630,23
12	0,49	6,20	2,37	1,17	2,77	1 407,38	307,76	1 715,14	2 251,80	984,84	3 236,64
13	1,07	6,20	2,37	2,53	6,00	3 053,70	667,78	3 721,48	4 885,92	2 136,89	7 022,81
14	0,49	6,20	2,37	1,17	2,77	1 407,38	307,76	1 715,14	2 251,80	984,84	3 236,64
15	1,07	6,20	2,37	2,53	6,00	3 053,70	667,78	3 721,48	4 885,92	2 136,89	7 022,81
16	0,49	6,20	2,37	1,17	2,77	1 407,38	307,76	1 715,14	2 251,80	984,84	3 236,64
17	0,21	6,20	2,37	0,50	1,18	599,92	131,19	731,11	959,87	419,80	1 379,67
	17,79				92,44						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXVII. Resultado análisis de mampostería, segundo nivel Y-Y

Muro	Rigidez	Distancia X al eje Y	dx	R * dx	R * dx ²	Fv	Ft	F = Fv + Ft	Mvi (kg-m)	Mti (kg-m)	Mdis (kg-m)
a	0,42	0,00	-13,68	-5,74	78,55	55,19	-7,50	55,19	88,29	-23,99	88,29
b	18,47	0,00	-13,68	-252,69	3 457,27	2 428,86	-329,98	2 428,86	3 885,79	-1 055,93	3 885,79
c	41,08	3,29	-10,39	-426,90	4 436,21	5 402,39	-557,47	5 402,39	8 642,97	-1 783,89	8 642,97
d	41,08	10,48	-3,20	-131,53	421,13	5 402,39	-171,76	5 402,39	8 642,97	-549,63	8 642,97
e	41,08	17,67	3,99	163,84	653,41	5 402,39	213,95	5 616,34	8 642,97	684,63	9 327,60
f	23,11	24,86	11,18	258,34	2 887,83	3 039,35	337,36	3 376,71	4 862,48	1 079,55	5 942,03
g	3,32	24,86	11,18	37,16	415,37	437,16	48,52	485,68	699,39	155,28	854,66
h	24,88	28,05	14,37	357,52	5 136,92	3 272,28	466,87	3 739,15	5 235,14	1 493,98	6 729,12
	193,45				17 486,68						

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXVIII. **Resumen de fuerza y momento aplicado en los muros del primer nivel**

Muro	F (kg)	F (ton)	Mdis (kg-m)	Mdis (ton-m)
1	9 338,20	9,34	23 741,00	23,74
2	2 389,50	2,39	6 074,94	6,07
3	1 018,56	1,02	2 589,54	2,59
4	2 389,50	2,39	6 074,94	6,07
5	1 018,56	1,02	2 589,54	2,59
6	2 389,50	2,39	6 074,94	6,07
7	1 018,56	1,02	2 589,54	2,59
8	9 338,20	9,34	23 741,00	23,74
9	34 125,40	34,13	88 066,21	88,07
10	1 453,28	1,45	3 866,24	3,87
11	6 864,97	6,86	18 263,30	18,26
12	2 912,03	2,91	7 747,05	7,75
13	6 318,47	6,32	16 809,39	16,81
14	2 912,03	2,91	7 747,05	7,75
15	6 318,47	6,32	16 809,39	16,81
16	2 912,03	2,91	7 747,05	7,75
17	1 241,30	1,24	3 302,30	3,30
a	93,71	0,09	238,23	0,24
b	4 124,48	4,12	10 484,95	10,48
c	9 173,87	9,17	23 321,16	23,32
d	9 173,87	9,17	23 321,16	23,32
e	9 537,17	9,54	24 483,74	24,48
f	5 734,03	5,73	14 953,53	14,95
g	824,75	0,82	2 150,82	2,15
h	6 349,51	6,35	16 662,83	16,66

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXIX. **Resumen de fuerza y momento aplicado en los muros del segundo nivel**

Muro	F (kg)	F (ton)	Mdis (kg-m)	Mdis (ton-m)
1	5 500,05	5,50	8 800,09	8,80
2	1 407,38	1,41	2 251,80	2,25
3	599,92	0,60	959,87	0,96
4	1 407,38	1,41	2 251,80	2,25
5	599,92	0,60	959,87	0,96
6	1 407,38	1,41	2 251,80	2,25
7	599,92	0,60	959,87	0,96
8	5 500,05	5,50	8 800,09	8,80
9	20 099,32	20,10	34 032,41	34,03
10	855,96	0,86	1 615,28	1,62
11	4 043,36	4,04	7 630,23	7,63
12	1 715,14	1,72	3 236,64	3,24
13	3 721,48	3,72	7 022,81	7,02
14	1 715,14	1,72	3 236,64	3,24
15	3 721,48	3,72	7 022,81	7,02
16	1 715,14	1,72	3 236,64	3,24
17	731,11	0,73	1 379,67	1,38
a	55,19	0,06	88,29	0,09
b	2 428,86	2,43	3 885,79	3,89
c	5 402,39	5,40	8 642,97	8,64
d	5 402,39	5,40	8 642,97	8,64
e	5 616,34	5,62	9 327,60	9,33
f	3 376,71	3,38	5 942,03	5,94
g	485,68	0,49	854,66	0,85
h	3 739,15	3,74	6 729,12	6,73

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.12.1. Esfuerzos admisibles

Los esfuerzos admisibles en los muros servirán para compararlos con los esfuerzos actuantes en cada uno de los diferentes muros.

2.12.1.1. Cálculo de esfuerzo axial máximo permitido

Según el normativo AGIES, el esfuerzo axial en los muros de mampostería con refuerzo interior, en kilogramos por centímetro cuadrado, no deberá exceder al valor calculado con la siguiente expresión:

$$F_a = 0,20 * f'm * \left[1 - \left(\frac{h}{40 * t} \right)^3 \right]$$

Donde:

F_a = esfuerzo axial de compresión

f'm = resistencia a la compresión de la mampostería

t = ancho del muro

h = altura del muro

Se diseñará un muro crítico, en el que se calcularán los esfuerzos admisibles y los esfuerzos que actúan sobre la estructura, los valores calculados servirán para calcular el área de acero necesaria para soportar las cargas.

Datos:

$$f'm = 70 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$t = 20 \text{ cm}$$

$$h = 3,20 \text{ m}$$

El factor de seguridad a utilizar será $F_s = 2 = 0,50$

$$F_a = 0,50 * 0,20 * 70 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \left[1 - \left(\frac{320 \text{ cm}}{40 * 20 \text{ cm}} \right)^3 \right]$$

$$F_a = 6,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

2.12.1.2. Cálculo de esfuerzo flexionante máximo permitido

El esfuerzo flexionante es el esfuerzo de compresión producido por la flexión, en kilogramo sobre centímetro cuadrado, no deberá de exceder al valor obtenido con la expresión siguiente:

$$F_b = 0,33 * f' m$$

$$F_b = 0,50 * 0,33 * 70 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F_b = 11,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

2.12.1.3. Cálculo de esfuerzo de corte

El esfuerzo de corte en muros, ocasionado por fuerzas laterales, en kilogramo sobre centímetro cuadrado, no deberá exceder al valor calculado de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Fv = 0,30 * \sqrt{f'm}$$

$$Fv = 0,5 * 0,30 * \sqrt{70 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$Fv = 1,25 \frac{kg}{cm^2}$$

2.12.1.4. Cálculo de esfuerzo de tensión

El esfuerzo de tensión en las barras de acero de refuerzo, en kilogramo sobre centímetro cuadrado, no deberá exceder al valor calculado en la siguiente expresión:

$$Fs = 0,40 * fy$$

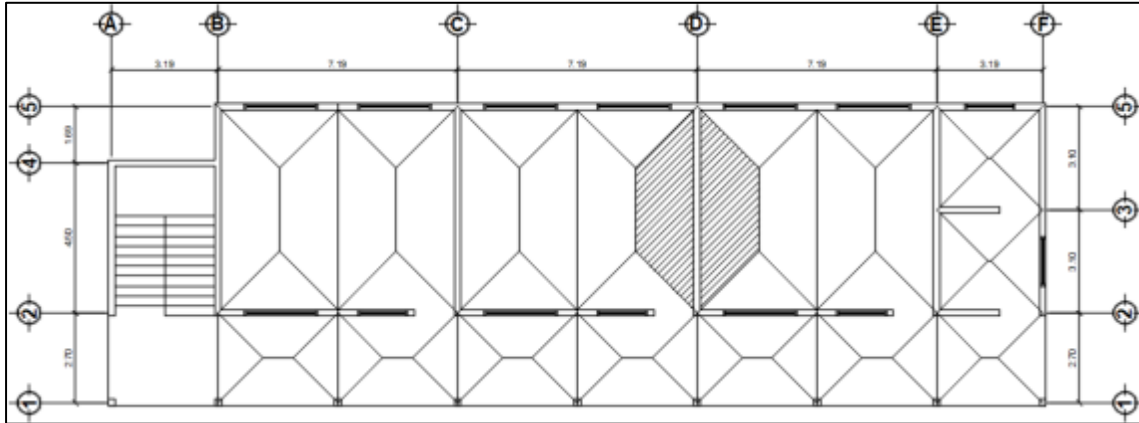
$$Fs = 0,40 * 2\ 810 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Fs = 1\ 124 \frac{kg}{cm^2}$$

2.12.2. Diseño de muros

Los muros críticos son aquellos que están más alejados de los ejes y que tributan mayor carga, para este caso se diseñará el muro D, con los esfuerzos admisibles ya calculados, se realiza el cálculo de los esfuerzos actuantes, con los resultados obtenidos anteriormente.

Figura 10. Área tributaria muro D



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$F = 9\,173,87 \text{ kg}$$

$$M = 23\,321,16 \text{ kg-m}$$

$$L = 6,40 \text{ m}$$

$$h = 3,20 \text{ m}$$

$$t = 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Área tributaria} = 16,0 \text{ m}^2$$

$$\text{C.M. techo} = 379 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{C.M. entrepiso} = 404 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{C.M. mampostería} = 340 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{C.V. aulas} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{C.V. techo} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{C.V. pasillo} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$C.M. = \frac{(C.M._{techo} * A_t) + (C.M._{entrepiso} * A_t)}{L} + (W_{mampostería} * 2 * altura)$$

$$C.M. = \frac{\left(379 \frac{kg}{m^2} * 16,0m^2\right) + \left(404 \frac{kg}{m^2} * 16,0m^2\right)}{6,40 m} + \left(340 \frac{kg}{m^2} * 2 * 3,20 m\right)$$

$$C.M. = 4 133,50 \frac{kg}{m}$$

$$C.V. = \frac{(C.V. \cdot aulas * A_t) + (C.V. \cdot techo * A_t)}{L}$$

$$C.V. = \frac{\left(200 \frac{kg}{m^2} * 16,0m^2\right) + \left(100 \frac{kg}{m^2} * 16,0m^2\right)}{6,40 m}$$

$$C.V. = 750,00 \frac{kg}{m}$$

- Cálculo de carga última:

$$C.U. = 1,4 * C.M. + 1,7 * C.V.$$

$$C.U. = 1,4 * 4 133,50 \frac{kg}{m} + 1,7 * 750,00 \frac{kg}{m}$$

$$C.U. = 7 061,90 \frac{kg}{m}$$

- Cálculo de esfuerzo axial actuante (fa):

$$fa = \frac{C.U. * L}{b * t}$$

$$fa = \frac{7 061,90 \frac{kg}{m} * 6,40 m}{640 cm * 20 cm}$$

$$fa = 3,53 \frac{kg}{cm^2}$$

- Cálculo de corte unitario (fv):

$$fv = \frac{F}{t * L}$$

$$fv = \frac{9\,173,87\text{ kg}}{20\text{ cm} * 640\text{ cm}}$$

$$fv = 0,72 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Cálculo de esfuerzo flexionante (fb):

$$fb = \frac{Mc}{I} = \frac{6 * Mdis * 100}{t * L^2}$$

$$fb = \frac{6 * 23\,321,16\text{ kg} * m * 100}{20\text{ cm} * (640\text{ cm})^2}$$

$$fb = 1,71 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Valores anteriormente calculados:

$$Fa = 6,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Fb = 11,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Fv = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Corrección de esfuerzo flexionante:

$$Fb = \left(1,33 - \frac{fa}{Fa}\right) * Fb$$

$$Fb = \left(1,33 - \frac{3,53 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{6,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}\right) * 11,55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Fb = 9,13 \frac{kg}{cm^2}$$

- Relación modular:

$$n = \frac{Es}{Em}$$

Donde:

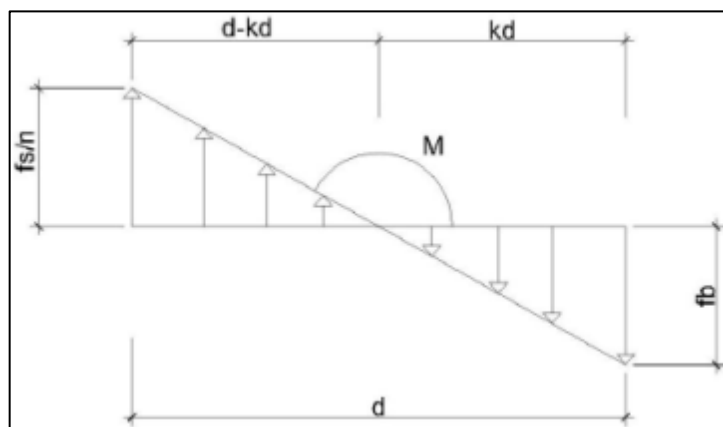
Es = módulo de elasticidad del concreto

Em = módulo de elasticidad de la mampostería

$$n = \frac{2,1E6}{750 * 70}$$

$$n = 40,0$$

Figura 11. **Relación modular muro**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Factor K:

$$K = \frac{1}{1 + \frac{F_s}{n * f b}}$$

$$K = \frac{1}{1 + \frac{1\ 124 \frac{kg}{cm^2}}{40 * 9,13 \frac{kg}{cm^2}}}$$

$$K = 0,245$$

- Factor J:

$$J = 1 - \frac{K}{3}$$

$$J = 1 - \frac{0,245}{3}$$

$$J = 0,918$$

- Acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = 0,0007 * 20 * 640$$

$$A_{s_{\min}} = 0,0007 * 20 * 640$$

$$A_{s_{\min}} = 8,93 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido:

$$d = 6,40 - 0,10$$

$$d = 6,30 \text{ m} = 630 \text{ cm}$$

$$A_{s_{req}} = \frac{M}{F_s * j * d}$$

$$A_{s_{req}} = \frac{23\,321,16 * 100}{1\,124 * 0,918 * 630}$$

$$A_{s_{req}} = 3,60 \text{ cm}^2$$

- Diseño a corte:

Donde S es la distancia entre soleras

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

$$A_v = 0,0128 * 100$$

$$A_v = 1,28 \text{ cm}^2$$

Tabla XXX. **Acero necesario primer nivel X – X**

Muro	Longitud	As _{min} (cm ²)	As _{req} (cm ²)
1	1,99	2,79	12,17
2	1,20	1,68	5,35
3	0,89	1,25	3,18
4	1,20	1,68	5,35
5	0,89	1,25	3,18
6	1,20	1,68	5,35
7	0,89	1,25	3,18
8	1,99	2,79	12,17
9	3,38	4,73	26,02
10	0,94	1,32	4,46
11	1,64	2,30	11,49
12	1,20	1,68	6,83
13	1,59	2,23	10,93
14	1,20	1,68	6,83
15	1,59	2,23	10,93
16	1,20	1,68	6,83
17	0,89	1,25	4,05

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXXI. **Acero necesario primer nivel Y – Y**

Muro	Longitud	As _{min} (cm ²)	As _{req} (cm ²)
a	0,89	1,25	0,29
b	3,99	5,59	2,61
c	6,38	8,93	3,60
d	6,38	8,93	3,60
e	6,38	8,93	3,78
f	4,50	6,30	3,29
g	1,88	2,63	1,17
h	4,69	6,57	3,52

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

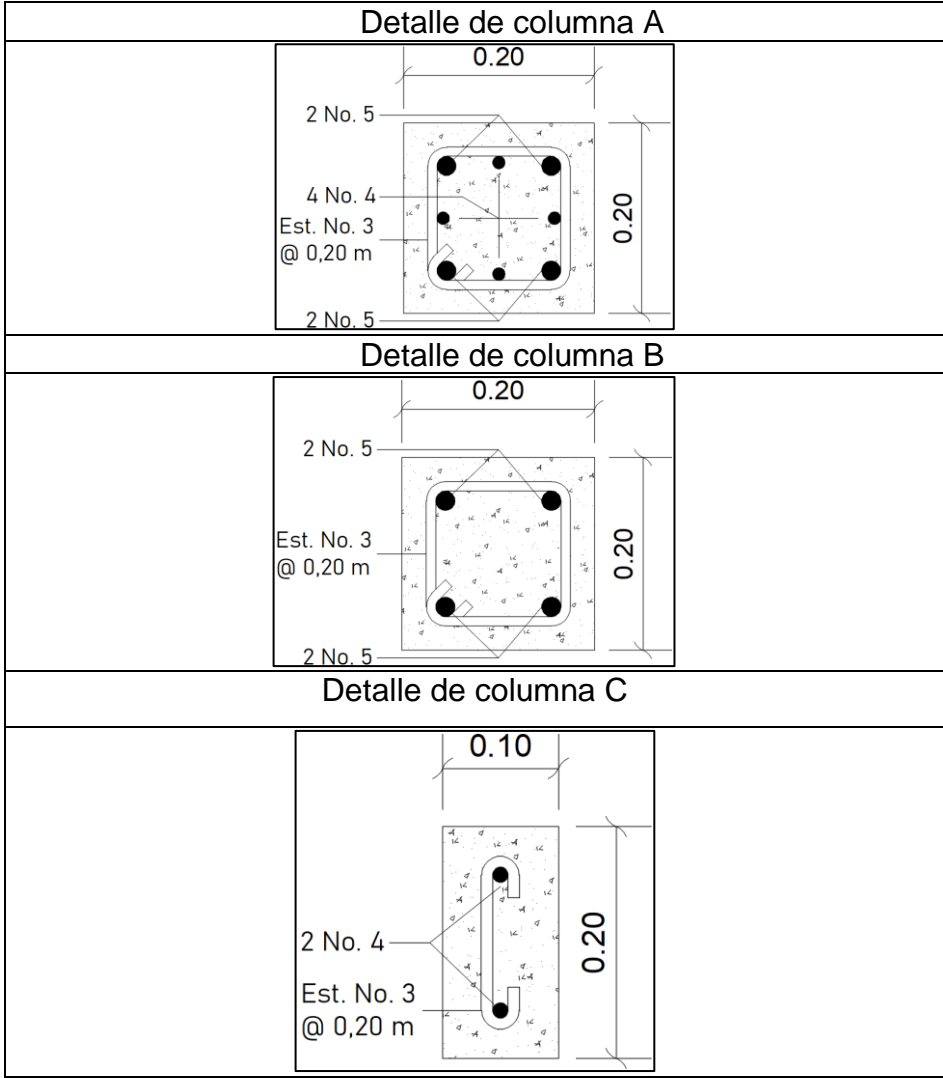
El área de acero para columnas de mampostería reforzada no deberá ser menor que el 0,5 % ni mayor que el 4,0 % del área de la columna.

Tabla XXXII. **Tipos de columnas y soleras**

Columnas			
Tipo	Dimensiones (m)	Especificaciones	% As
A	0,20 x 0,20	4 # 5 + 4 # 4 + Est. # 3 @ 0,20 m	3,25
B	0,20 x 0,20	4 # 5 + Est. # 3 @ 0,20 m	1,97
C	0,20 x 0,10	2 # 4 + Est. # 3 @ 0,20 m	1,27
Soleras			
Tipo	Dimensiones (m)	Especificaciones	
Humedad	0,19 x 0,20	4 # 4 + Est. # 3 @ 0,20 m	
Intermedia	0,19 x 0,20	2 # 4 + Est. # 3 @ 0,20 m	
Corona	0,19 x 0,20	4 # 4 + Est. # 3 @ 0,20 m	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 12. Detalle de columnas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XXXIII. **Área de acero distribuida para muros en sentido X**

Muro	As_{min} (cm ²)	As_{req} (cm ²)	Elementos Estructurales	As a utilizar (cm ²)
1	2,79	12,17	A	13,00
2	1,68	5,35	B	7,90
3	1,25	3,18	B	7,90
4	1,68	5,35	B	7,90
5	1,25	3,18	B	7,90
6	1,68	5,35	B	7,90
7	1,25	3,18	B	7,90
8	2,79	12,17	A	13,00
9	4,73	26,02	2A	26,00
10	1,32	4,46	B	7,90
11	2,30	11,49	A	13,00
12	1,68	6,83	B	7,90
13	2,23	10,93	A	13,00
14	1,68	6,83	B	7,90
15	2,23	10,93	A	13,00
16	1,68	6,83	B	7,90
17	1,25	4,05	B	7,90

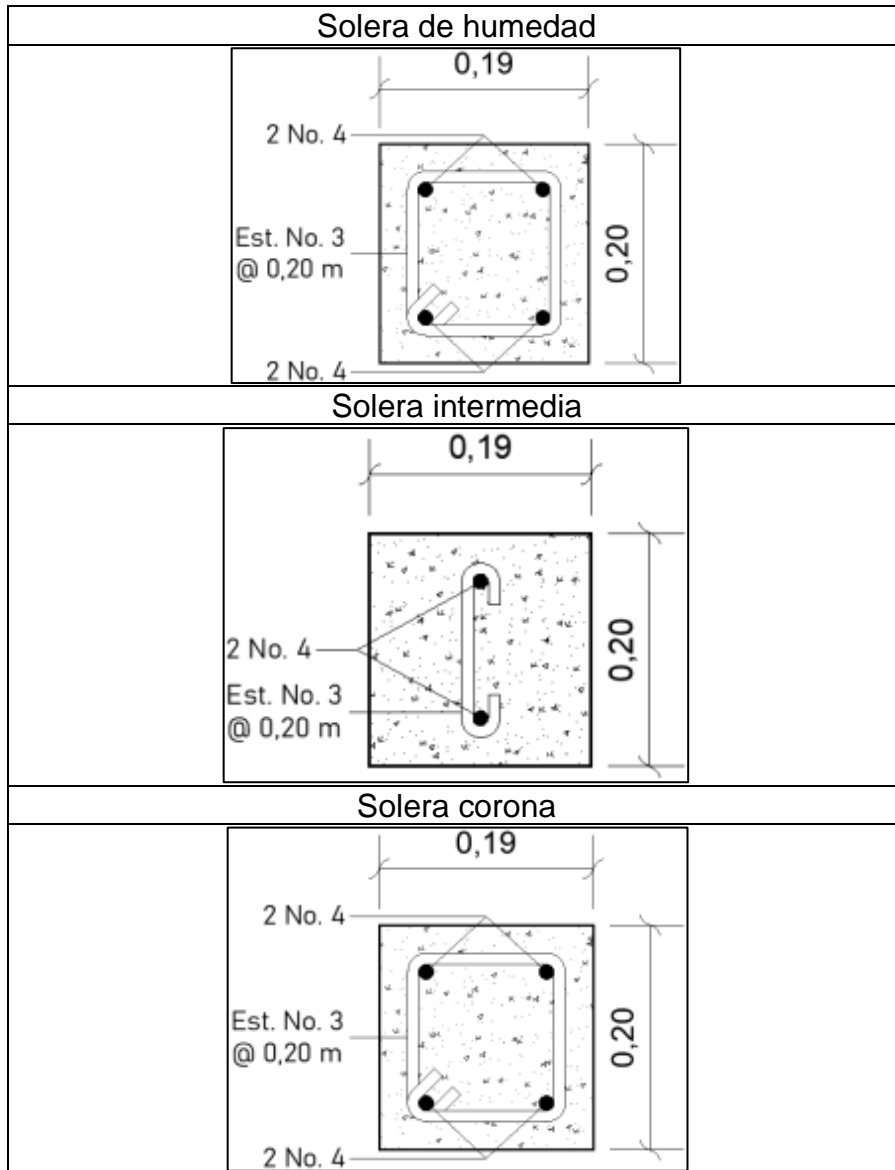
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XXXIV. **Área de acero distribuida para muros en sentido Y**

Muro	As_{min} (cm ²)	As_{req} (cm ²)	Elementos Estructurales	As a utilizar (cm ²)
a	1,25	0,29	C	2,50
b	5,59	2,61	B	7,90
c	8,93	3,60	A	13,00
d	8,93	3,60	A	13,00
e	8,93	3,78	A	13,00
f	6,30	3,29	B	7,90
g	2,63	1,17	B	7,90
h	6,57	3,52	B	7,90

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 13. **Detalle de soleras**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.13. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales que trabajan principalmente a flexión, diseñadas para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes, generadas por las losas y transmitir las a las columnas.

Las vigas estarán ubicadas en el centro de las aulas, con la finalidad de formar losas que trabajen en dos direcciones y que tengan un peralte de 11 centímetros.

La altura de las vigas para aulas y de las vigas para pasillo, se determinará con base en lo establecido en la tabla 9.3.1.1 del código ACI 318SUS-14.

Figura 14. **Altura mínima de vigas no preesforzadas**

Condición de apoyo	Altura mínima, h ^[1]
Simplemente apoyada	$\ell/16$
Con un extremo continuo	$\ell/18.5$
Ambos extremos continuos	$\ell/21$
En voladizo	$\ell/8$

Fuente: ACI318SUS-14 capítulo 9, sección 9.3.1.1 p.138.

- Diseño de viga para aulas

La longitud de la viga para las aulas será de 6,40 metros

$$h = \frac{L}{18,50}$$

$$h = \frac{6,40}{18,50}$$

$$h = 0,35 \text{ m}$$

La base de la viga según la sección 18.6.2.1 del código ACI 318SUS-14, establece que la base debe ser al menos igual al menor de $0,3 * h$ y 10 pulgadas.

$$b = 0,3 * h = 0,30 * 0,35 \text{ m} = 0,11 \text{ m}$$

$$10 \text{ pulgadas} = 0,254 \text{ m}$$

La base de la viga no debe ser menor que 0,11 metros, se determinó una base de 0,20 metros por criterio y diseño.

Los datos para el diseño de la viga se detallan a continuación:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$h = 0.35 \text{ m}$$

$$b = 0.20 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de viga} = 6,40 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{Área tributaria} = 14,90 \text{ m}^2$$

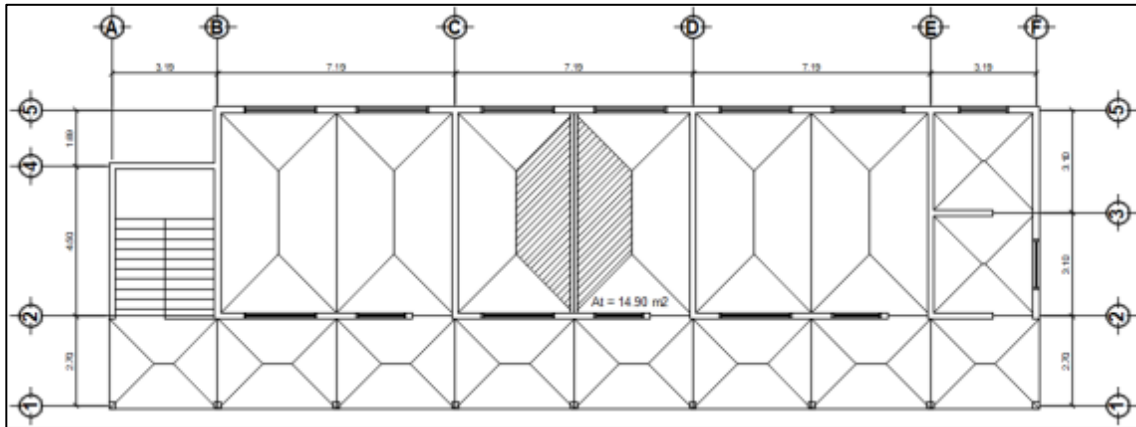
$$\text{Carga muerta} = 565,60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 340 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga última} = 905,60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso propio de la viga} = 168 \text{ kg/m}$$

Figura 15. Área tributaria de viga en aula



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Cálculo de momentos

$$W = \frac{Cu * A}{L} + P.P. viga$$

$$W = \frac{905,60 \frac{kg}{m^2} * 14,90 m^2}{6,40 m} + 168 \frac{kg}{m}$$

$$W = 2 276,35 \frac{kg}{m}$$

$$M_{-} = \frac{W * L^2}{24}$$

$$M_{-} = \frac{2 276,35 \frac{kg}{m} * (6,40 m)^2}{24}$$

$$M_{-} = 3 884,97 kg * m$$

$$M_{+} = \frac{W * L^2}{14}$$

$$M_{+} = \frac{2\,276,35 \frac{kg}{m} * (6,40 m)^2}{14}$$

$$M_{+} = 6\,659,95 kg * m$$

- Acero mínimo

La sección 9.6.1.2 de ACI 318SUS-14 establece que el área de acero mínimo en una viga no debe ser menor que el obtenido por medio de las expresiones siguientes:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}}{2\,810 \frac{kg}{cm^2}} * 20 * 32,50$$

$$A_{s_{min}} = 3,10 cm^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{2\,810 \frac{kg}{cm^2}} * 20 * 32,50$$

$$A_{s_{min}} = 3,23 cm^2$$

Se utilizará como acero mínimo el mayor resultado obtenido, en este caso 3,23 cm²

- Acero máximo

El área de acero máximo se determina con la siguiente expresión:

$$As_{m\acute{a}x} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'c * 6120}{fy * (6120 + fy)}$$

Si $0 \text{ kg/cm}^2 < f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$ entonces $\beta = 0,85$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 280 * 6120}{2810 * (6120 + 2810)}$$

$$\rho_b = 0,0493$$

$$As_{m\acute{a}x} = 0,5 * 0,0493 * 20 * 32,50$$

$$As_{m\acute{a}x} = 25,77 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido

$$As_{req} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right)$$

$$As_{req}M- = \left[20 * 32,5 - \sqrt{(20 * 32,5)^2 - \frac{3884,97 * 20}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2810} \right)$$

$$As_{req}M- = 4,95 \text{ cm}^2$$

$$As_{req}M+ = \left[20 * 32,5 - \sqrt{(20 * 32,5)^2 - \frac{6659,95 * 20}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2810} \right)$$

$$As_{req}M+ = 8,81 \text{ cm}^2$$

Para ambos momentos se utilizará el área de acero requerida, ya que es mayor que el área de acero mínima calculada.

- Refuerzo a corte

Una viga debe contener estribos cerrados para contrarrestar los esfuerzos cortantes que la afectan.

Si el corte último producido por las fuerzas externas en la viga (V_u), es mayor al corte que resiste el concreto (V_c), se debe calcular el espaciamiento entre los estribos.

$$V_u = \frac{W * L}{2}$$

$$V_u = \frac{2\,276,35 \frac{kg}{m} * 6,40 m}{2}$$

$$V_u = 7\,284,32 kg$$

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d \quad \phi = 0,85$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 20 * 32,50$$

$$V_c = 4\,899,90 kg$$

$V_u > V_c$ por lo tanto se diseña el espaciamiento entre estribos.

$$V_s = V_u - V_c$$

$$V_s = 7\,284,32 kg - 4\,899,90 kg$$

$$V_s = 2\,384,42 kg$$

Se colocarán estribos número 3 ($A_s = 0,71 \text{ cm}^2$)

$$S = \frac{A_s * f_y * d}{V_s}$$

$$S = \frac{0,71 * 2\ 810 * 32,5}{2\ 384,42}$$

$$S = 27,19\ cm$$

La sección 18.6.4.6 de ACI 318SUS–14, indica que cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos espaciados a no más de $d/2$ en toda la longitud de la viga.

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2}$$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{32,5}{2}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 16,25\ cm$$

La separación será de 15 cm entre cada uno de los estribos, exceptuando los que están ubicados en la zona de confinamiento.

La sección 18.6.4.1 de ACI 318SUS–14, establece que deben colocarse estribos cerrados de confinamiento en una longitud igual a dos veces la altura de la viga, medida desde la cara de miembros de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos de la viga.

$$L_c = 2 * h$$

$$L_c = 2 * 35\ cm$$

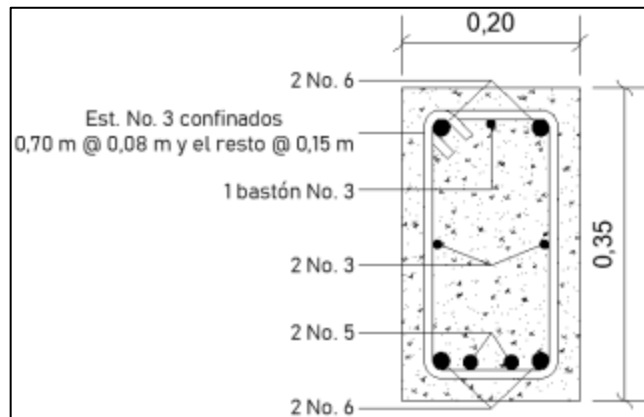
$$L_c = 70\ cm$$

La sección 18.6.4.4 indica que el primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 5 centímetros de la cara de la columna de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de:

- $d/4 = (32,5 \text{ cm}) / 4 = 8,13 \text{ centímetros.}$
- Seis veces el diámetro de las barras principales a flexión más pequeñas. $6 (\varnothing \text{ número } 6) = 6 * 1,905 \text{ cm} = 11,43 \text{ centímetros.}$
- 6 pulgadas = 15 centímetros.

Por lo tanto, el primer estribo se colocará a una distancia de 5 cm de la cara del elemento de apoyo, en el resto de la zona de confinamiento se colocarán estribos núm. 3 a una distancia de 8 cm.

Figura 16. **Detalle de armado de viga para aulas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Diseño de viga para pasillo

La longitud de la viga para las aulas será de 2.80 metros

$$h = \frac{L}{18,50}$$

$$h = \frac{2,80}{18,50}$$

$$h = 0,15 \text{ m}$$

Por criterios de diseño se utilizará una viga con una altura de 0,25 metros. La base de la viga según la sección 18.6.2.1 del código ACI 318SUS-14, establece que la base debe ser al menos igual al menor de $0,3 * h$ y 10 pulgadas.

$$b = 0,3 * h = 0,30 * 0,25 \text{ m} = 0,08 \text{ m}$$

$$10 \text{ pulgadas} = 0.254 \text{ m}$$

La base de la viga no debe ser menor que 0,08 metros, se determinó una base de 0,20 metros por criterio y diseño.

Los datos para el diseño de la viga se detallan a continuación:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$h = 0.25 \text{ m}$$

$$b = 0.20 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de viga} = 2,80 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{Área tributaria} = 3,65 \text{ m}^2$$

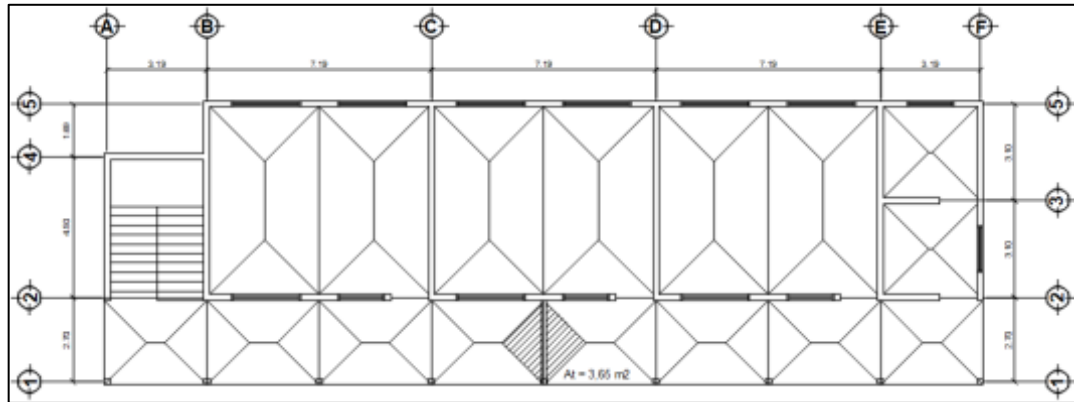
$$\text{Carga muerta} = 565,60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 850 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga última} = 1415,60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso propio de la viga} = 120 \text{ kg/m}$$

Figura 17. Área tributaria de viga en pasillo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Cálculo de momentos

$$W = \frac{Cu * A}{L} + P.P. viga$$

$$W = \frac{1\,415,60 \frac{kg}{m^2} * 3,65 m^2}{2,80 m} + 72 \frac{kg}{m}$$

$$W = 1\,965,34 \frac{kg}{m}$$

$$M- = \frac{W * L^2}{24}$$

$$M- = \frac{1\,965,34 \frac{kg}{m} * (2,80 m)^2}{24}$$

$$M- = 642,00 kg * m$$

$$M+ = \frac{W * L^2}{14}$$

$$M_{+} = \frac{1\,965,34 \frac{kg}{m} * (2,80 m)^2}{14}$$

$$M_{+} = 1\,100,60 kg * m$$

- Acero mínimo

La sección 9.6.1.2 de ACI 318SUS-14 establece que el área de acero mínimo en una viga no debe ser menor que el obtenido por medio de las expresiones siguientes:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}}{2\,810 \frac{kg}{cm^2}} * 20 * 22,50$$

$$A_{s_{min}} = 2,14 cm^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{2\,810 \frac{kg}{cm^2}} * 20 * 22,50$$

$$A_{s_{min}} = 2,24 cm^2$$

Se utilizará como acero mínimo el mayor resultado obtenido, en este caso 2,24 cm²

- Acero máximo

El área de acero máximo se determina con la siguiente expresión:

$$As_{m\acute{a}x} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'c * 6120}{fy * (6120 + fy)}$$

Si $0 \text{ kg/cm}^2 < f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$ entonces $\beta = 0,85$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 280 * 6120}{2810 * (6120 + 2810)}$$

$$\rho_b = 0,0493$$

$$As_{m\acute{a}x} = 0,5 * 0,0493 * 20 * 22,50$$

$$As_{m\acute{a}x} = 11,09 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido

$$As_{req} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right)$$

$$As_{req}M- = \left[20 * 22,5 - \sqrt{(20 * 22,5)^2 - \frac{642,00 * 20}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2810} \right)$$

$$As_{req}M- = 1,14 \text{ cm}^2$$

$$As_{req}M+ = \left[20 * 22,5 - \sqrt{(20 * 22,5)^2 - \frac{1100,60 * 20}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2810} \right)$$

$$As_{req}M+ = 2,00 \text{ cm}^2$$

Para ambos momentos se utilizará el área de acero mínimo, ya que es mayor que el área de acero requerido calculado.

- Refuerzo a corte

Una viga debe contener estribos cerrados para contrarrestar los esfuerzos cortantes que la afectan.

Si el corte último producido por las fuerzas externas en la viga (V_u), es mayor al corte que resiste el concreto (V_c), se debe calcular el espaciamiento entre los estribos.

$$V_u = \frac{W * L}{2}$$

$$V_u = \frac{1\,965,34 \frac{kg}{m} * 2,80 m}{2}$$

$$V_u = 2\,751,48 kg$$

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d \quad \phi = 0,85$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 20 * 22,50$$

$$V_c = 3\,392,24 kg$$

$V_u > V_c$ por lo tanto se diseña el espaciamiento entre estribos.

$$V_s = V_u - V_c$$

$$V_s = 3\,392,24 kg - 2\,751,48 kg$$

$$V_s = 640,76 kg$$

Se colocarán estribos número 3 ($A_s = 0,71 \text{ cm}^2$)

$$S = \frac{A_s * f_y * d}{V_s}$$

$$S = \frac{0,71 * 2\ 810 * 22,5}{640,76}$$

$$S = 70,10\ cm$$

La sección 18.6.4.6 de ACI 318SUS–14, indica que cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos espaciados a no más de $d/2$ en toda la longitud de la viga.

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2}$$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{22,5}{2}$$

$$S_{m\acute{a}x} = 11,25\ cm$$

La separación será de 10 cm entre cada uno de los estribos, exceptuando los que están ubicados en la zona de confinamiento.

La sección 18.6.4.1 de ACI 318SUS–14, establece que deben colocarse estribos cerrados de confinamiento en una longitud igual a dos veces la altura de la viga, medida desde la cara de miembros de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos de la viga.

$$L_c = 2 * h$$

$$L_c = 2 * 25\ cm$$

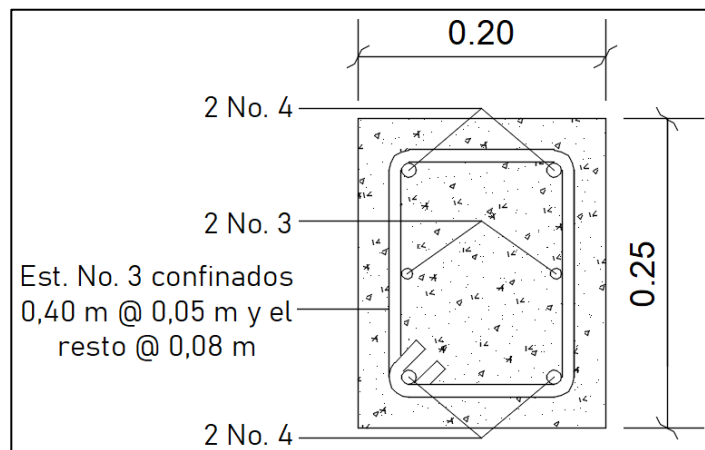
$$L_c = 50\ cm$$

La sección 18.6.4.4 indica que el primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 5 centímetros de la cara de la columna de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de:

- $d/4 = (17,5 \text{ cm}) / 4 = 4,38 \text{ centímetros}$.
- Seis veces el diámetro de las barras principales a flexión más pequeñas. $6 (\varnothing \text{ número } 4) = 6 * 1,27 \text{ cm} = 7,62 \text{ centímetros}$.
- 6 pulgadas = 15 centímetros.

Por lo tanto, el primer estribo se colocará a una distancia de 5 cm de la cara del elemento de apoyo, en el resto de la zona de confinamiento se colocarán estribos núm. 3 a una distancia de 5 cm.

Figura 18. **Detalle de armado de viga para pasillo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.14. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales que tienen como objetivo cubrir una estructura, también sirven de separación entre pisos consecutivos de una edificación y al mismo tiempo sirven como soporte para las cargas de ocupación como son cargas vivas y cargas muertas.

- Especificaciones de diseño
 - Peso específico del concreto, $\gamma_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$
 - Resistencia del concreto a la compresión, $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 - Esfuerzo de fluencia, $f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$
 - Recubrimiento, $\text{rec} = 2,50 \text{ cm}$

- Predimensionamiento de losa

Para predimensionar la losa del edificio escolar, se utilizará la losa más crítica, para determinar si el diseño será en una o en dos direcciones, además del espesor a utilizar.

- Losa más crítica

$a =$ sentido corto de la losa $= 3,69 \text{ m}$

$b =$ sentido largo de la losa $= 6,29 \text{ m}$

- Relación entre sentido corto y sentido largo (m)

$$m = \frac{a}{b} = \frac{3,69 \text{ m}}{6,29 \text{ m}} = 0,59$$

Si $m < 0,5$, la losa trabaja en un sentido

Si $m > 0,5$, la losa trabaja en dos sentidos

- Espesor de losa

$$t = \frac{P}{180}$$

Donde:

t = espesor de losa

P = perímetro

Tabla XXXV. **Predimensionamiento de losa**

Elemento	Perímetro	Sugerencia	Dimensiones a utilizar	
			t(m)	
Losa	19,69	$t = \frac{P}{180}$	0,111	0,11

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La losa para el edificio escolar tendrá un espesor de 0,11 metros para ambos niveles, su diseño será de losa tradicional basado en el método 3 del código ACI.

- Diseño de losas del primer nivel

- Datos

Carga muerta de entrepiso C.M. = 404,00 kg/m² (ver integración)

Carga viva entrepiso para edificios escolares según AGIES = 200,00 kg/m²

Carga viva pasillo para edificios escolares según AGIES = 500,00 kg/m²

Espesor de losa t = 0,11 m

- Integración de cargas

- Carga muerta última de entrepiso

$$C_{MU} = 1,4 * C. M.$$

$$C_{MU} = 1,4 * 404,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{MU} = 565,60 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga viva última de entrepiso

$$C_{VU} = 1,7 * C. V.$$

$$C_{VU} = 1,7 * 200,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{VU} = 340,00 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga total última de entrepiso

$$C_{TU} = C_{MU} + C_{VU}$$

$$C_{TU} = 565,60 \frac{kg}{m^2} + 340,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{TU} = 905,60 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga muerta última de pasillo

$$C_{MU} = 1,4 * C. M.$$

$$C_{MU} = 1,4 * 404,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{MU} = 565,60 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga viva última de pasillo

$$C_{VU} = 1,7 * C.V.$$

$$C_{VU} = 1,7 * 500,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{VU} = 850,00 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga total última de pasillo

$$C_{TU} = C_{MU} + C_{VU}$$

$$C_{TU} = 565,60 \frac{kg}{m^2} + 850,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_{TU} = 1\,415,60 \frac{kg}{m^2}$$

- Cálculo de momentos actuantes

Para calcular los momentos actuantes se utilizan las siguientes expresiones:

- Momentos negativos

$$Ma_{(-)} = C_a * C_{TU} * a^2$$

$$Mb_{(-)} = C_b * C_{TU} * b^2$$

- Momentos positivos

$$Ma_{(+)} = C_{am} * C_{MU} * a^2 + C_{av} * C_{VU} * a^2$$

$$Mb_{(+)} = C_{bm} * C_{MU} * b^2 + C_{bv} * C_{VU} * b^2$$

- Momentos negativos en lados sin continuidad

$$Ma_{(-)} = \frac{1}{3} * Ma_{(+)}$$

$$Mb_{(-)} = \frac{1}{3} * Mb_{(+)}$$

Donde:

C_a y C_b = coeficientes para momentos negativos

C_{am} y C_{bm} = coeficientes para momentos positivos debido a la carga muerta

C_{av} y C_{bv} = coeficientes para momentos positivos debido a la carga viva

C_{TU} = carga total última

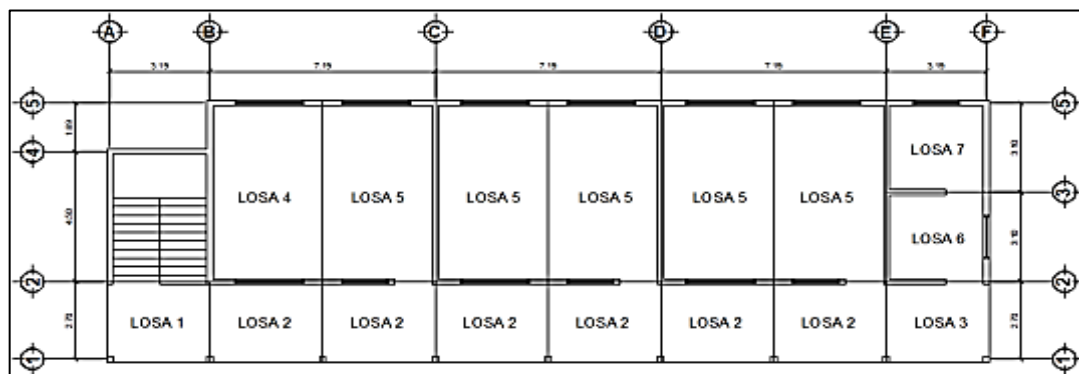
C_{MU} = carga muerta última

C_{VU} = carga viva última

a = longitud corta de la losa

b = longitud larga de la losa

Figura 19. Losas de entepiso



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

La figura muestra la clasificación de las losas de entrepiso, se identificaron 7 losas diferentes de acuerdo a la continuidad en sus tramos, los resultados se presentan a continuación:

- Losa 2

Figura 20. **Losa 2 entrepiso**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$C_{MU} \text{ pasillo} = 565,60 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{VU} \text{ pasillo} = 850,00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{TU} \text{ pasillo} = 1\,415,60 \text{ kg/m}^2$$

Caso 8: solo un borde largo es discontinuo, el resto de los bordes son continuos.

$$a = 2,80 \text{ m}$$

$$b = 3,60 \text{ m}$$

$$m = \frac{2,80 \text{ m}}{3,60 \text{ m}} = 0,78 \cong 0,80$$

Losa en 2 direcciones

Momentos negativos y positivos en tramos continuos

$$Ma_{(-)} = 0,055 * 1\,415,60 * 2,80^2 = 610,41 \text{ kg} * m$$

$$Mb_{(-)} = 0,041 * 1\,415,60 * 3,60^2 = 752,19 \text{ kg} * m$$

$$Ma_{(+)} = 0,032 * 565,60 * 2,80^2 + 0,044 * 850,00 * 2,80^2 = 435,11 \text{ kg} * m$$

$$Mb_{(+)} = 0,015 * 565,60 * 3,60^2 + 0,019 * 850,00 * 3,60^2 = 319,26 \text{ kg} * m$$

Momentos negativos en lados sin continuidad

$$Ma_{(-)} = \frac{1}{3} * 435,11 = 145,04 \text{ kg} * m$$

- Losa 3

Figura 21. **Losa 3 entrepiso**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$C_{MU} \text{ pasillo} = 565,60 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{VU} \text{ pasillo} = 850,00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{TU} \text{ pasillo} = 1\,415,60 \text{ kg/m}^2$$

Caso 4: continuidad en un tramo largo y en un tramo corto, el resto son tramos discontinuos.

$$a = 2,80 \text{ m}$$

$$b = 3,29 \text{ m}$$

$$m = \frac{2,80 \text{ m}}{3,29 \text{ m}} = 0,85$$

Losa en 2 direcciones

Momentos negativos y positivos en tramos continuos

$$Ma_{(-)} = 0,066 * 1\,415,60 * 2,80^2 = 732,49 \text{ kg} * m$$

$$Mb_{(-)} = 0,034 * 1\,415,60 * 3,29^2 = 520,97 \text{ kg} * m$$

$$Ma_{(+)} = 0,036 * 565,60 * 2,80^2 + 0,043 * 850,00 * 2,80^2 = 446,19 \text{ kg} * m$$

$$Mb_{(+)} = 0,019 * 565,60 * 3,29^2 + 0,023 * 850,00 * 3,29^2 = 327,93 \text{ kg} * m$$

Momentos negativos en lados sin continuidad

$$Ma_{(-)} = \frac{1}{3} * 446,19 = 148,73 \text{ kg} * m$$

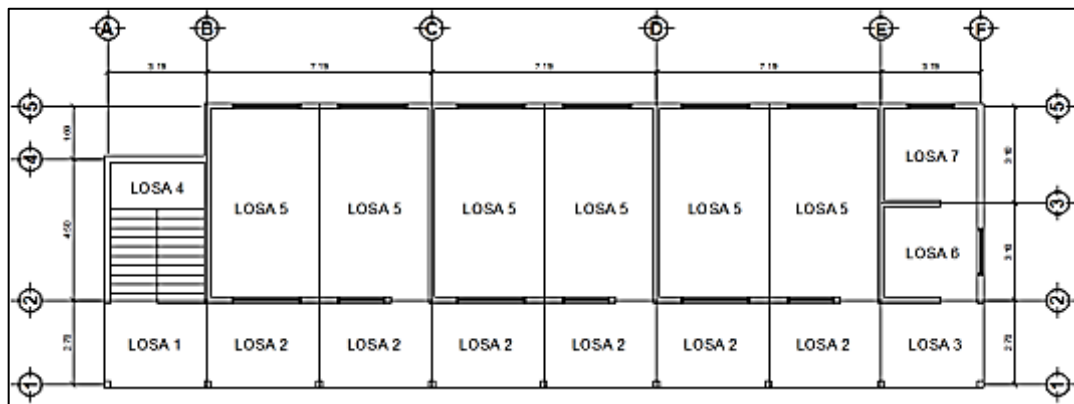
$$Mb_{(-)} = \frac{1}{3} * 327,93 = 109,31 \text{ kg} * m$$

Tabla XXXVI. **Resumen momentos en losas de entrepiso**

Momentos en losa						
Número de Losa	Bordes continuos				Bordes discontinuos	
	M(-) kg-m	M(-) kg-m	M(+) kg-m	M(+) kg-m	M(-) kg-m	M(-) kg-m
	Lado corto (a)	Lado largo (b)	Lado corto (a)	Lado largo (b)	Lado corto (a)	Lado largo (b)
Losa 1	-	873,39	477,25	392,27	159,08	130,76
Losa 2	610,41	752,19	435,11	319,26	145,04	-
Losa 3	732,49	520,97	446,19	327,93	148,73	109,31
Losa 4	1 097,44	394,12	718,34	277,71	239,45	92,57
Losa 5	1 009,35	179,15	548,82	147,84	-	49,28
Losa 6	565,68	284,27	235,01	196,08	-	65,36
Losa 7	506,85	441,10	293,76	253,66	97,92	84,55

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 22. **Losas de techo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

La figura muestra la clasificación de las losas de techo, se identificaron 7 losas diferentes de acuerdo a la continuidad en sus tramos, los resultados se presentan a continuación:

- Losa 1

Figura 23. **Losa 1 techo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$C_{MU} \text{ techo} = 530,60 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{VU} \text{ techo} = 170,00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{TU} \text{ techo} = 700,60 \text{ kg/m}^2$$

Caso 4: continuidad en un tramo largo y en un tramo corto, el resto son tramos discontinuos.

$$a = 2,80 \text{ m}$$

$$b = 3,29 \text{ m}$$

$$m = \frac{2,80 \text{ m}}{3,29 \text{ m}} = 0,85$$

Losa en 2 direcciones

Momentos negativos y positivos en tramos continuos

$$Ma_{(-)} = 0,066 * 700,60 * 2,80^2 = 362,52 \text{ kg} * m$$

$$Mb_{(-)} = 0,034 * 700,60 * 3,29^2 = 257,83 \text{ kg} * m$$

$$Ma_{(+)} = 0,036 * 530,60 * 2,80^2 + 0,043 * 170,00 * 2,80^2 = 207,07 \text{ kg} * m$$

$$Mb_{(+)} = 0,019 * 530,60 * 3,60^2 + 0,023 * 170,00 * 3,60^2 = 151,44 \text{ kg} * m$$

Momentos negativos en lados sin continuidad

$$Ma_{(-)} = \frac{1}{3} * 207,07 = 69,02 \text{ kg} * m$$

$$Mb_{(-)} = \frac{1}{3} * 151,44 = 50,48 \text{ kg} * m$$

- Losa 2

Figura 24. Losa 2 techo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$C_{MU} \text{ techo} = 530,60 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{VU} \text{ techo} = 170,00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{TU} \text{ techo} = 700,60 \text{ kg/m}^2$$

Caso 8: solo un borde largo es discontinuo, el resto de los bordes son continuos.

$$a = 2,80 \text{ m}$$

$$b = 3,60 \text{ m}$$

$$m = \frac{2,80 \text{ m}}{3,60 \text{ m}} = 0,78 \cong 0,80$$

Losa en 2 direcciones

Momentos negativos y positivos en tramos continuos

$$Ma_{(-)} = 0,055 * 700,60 * 2,80^2 = 302,10 \text{ kg} * \text{m}$$

$$Mb_{(-)} = 0,041 * 700,60 * 3,60^2 = 372,27 \text{ kg} * \text{m}$$

$$Ma_{(+)} = 0,032 * 530,60 * 2,80^2 + 0,044 * 170,00 * 2,80^2 = 191,76 \text{ kg} * \text{m}$$

$$Mb_{(+)} = 0,015 * 530,60 * 3,60^2 + 0,019 * 170,00 * 3,60^2 = 145,01 \text{ kg} * \text{m}$$

Momentos negativos en lados sin continuidad

$$Ma_{(-)} = \frac{1}{3} * 191,76 = 63,92 \text{ kg} * \text{m}$$

Tabla XXXVII. **Resumen momentos en losas de techo**

Momentos en losa						
Número de Losa	Bordes continuos				Bordes discontinuos	
	M(-) kg-m	M(-) kg-m	M(+) kg-m	M(+) kg-m	M(-) kg-m	M(-) kg-m
	Lado corto (a)	Lado largo (b)	Lado corto (a)	Lado largo (b)	Lado corto (a)	Lado largo (b)
Losa 1	362,52	257,83	207,07	151,44	69,02	50,48
Losa 2	302,10	372,27	191,76	145,01	63,92	-
Losa 3	362,52	257,83	207,07	151,44	69,02	50,48
Losa 4	614,25	281,67	369,08	173,86	123,03	57,95
Losa 5	780,86	138,59	393,23	103,33	131,08	-
Losa 6	437,63	219,92	174,66	143,64	58,22	-
Losa 7	392,12	341,25	222,53	191,20	74,18	63,73

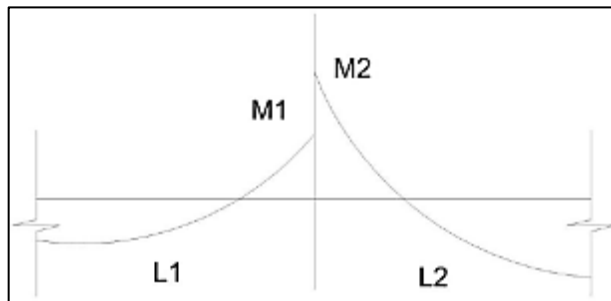
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Balanceo de momentos

Debido a que el valor de los momentos negativos es diferente en losas que tienen tramos en común, es necesario realizar un balanceo de momentos para determinar el momento a utilizar en el diseño del refuerzo requerido.

El balanceo de momentos se realizará de la siguiente manera:

Figura 25. **Balanceo de momentos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Balance por rigideces
 - Si $M_1 > 0,8 * M_2$; entonces $MB = (M_1 + M_2) / 2$ (ecuación 1)
 - Si $M_1 < 0,8 * M_2$; entonces MB se distribuye proporcionalmente a la rigidez de las losas de la siguiente manera:

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

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

(Ecuación 2)

Donde:

MB = momento balanceado

K_1 y K_2 = rigidez de losas 1 y 2

L_1 y L_2 = longitudes de losas 1 y 2

D_1 y D_2 = factores de distribución de momentos en losas 1 y 2

- Momentos balanceados

$$MB_1 = M_1 + (M_2 - M_1) * D_1$$

$$MB_2 = M_2 - (M_2 - M_1) * D_2$$

- Balance de momentos para losas de entresuelo 1 y 2

$$M_1 = 752,19 \text{ kg} * m$$

$$M_2 = 873,39 \text{ kg} * m$$

$$M_2 > M_1$$

$$0,8 * M_2 = 0,8 * 873,39 = 698,71 \text{ kg} * m$$

$$698,71 < 752,19$$

Se utilizará la ecuación 1

$$MB = \frac{873,39 + 752,19}{2}$$

$$MB = 812,79 \text{ kg} * m$$

- Balance de momentos para losas de entrespiso 2 y 3

$$M_1 = 520,97 \text{ kg} * m$$

$$M_2 = 752,19 \text{ kg} * m$$

$$M_2 > M_1$$

$$0,8 * M_2 = 0,8 * 752,19 = 601,75 \text{ kg} * m$$

$$601,75 > 520,97$$

Se utilizará la ecuación 2, el momento balanceado se distribuirá proporcionalmente a la rigidez de las losas.

$$K_1 = \frac{1}{3,29} = 0,30 \quad K_2 = \frac{1}{3,60} = 0,28$$

$$D_1 = \frac{0,30}{0,30 + 0,28} = 0,52 \quad D_2 = \frac{0,28}{0,30 + 0,28} = 0,48$$

- Balance de momentos

$$MB_1 = 520,97 + (752,19 - 520,97) * 0,52$$

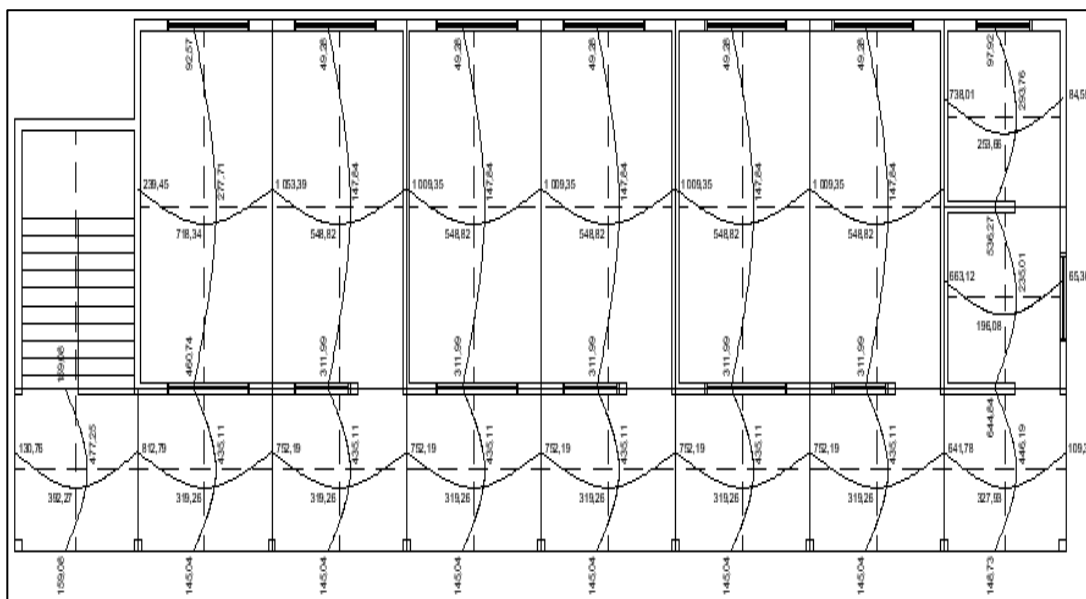
$$MB_1 = 641,78 \text{ kg} * m$$

$$MB_2 = 752,19 - (752,19 - 520,97) * 0,48$$

$$MB_2 = 641,78 \text{ kg} * m$$

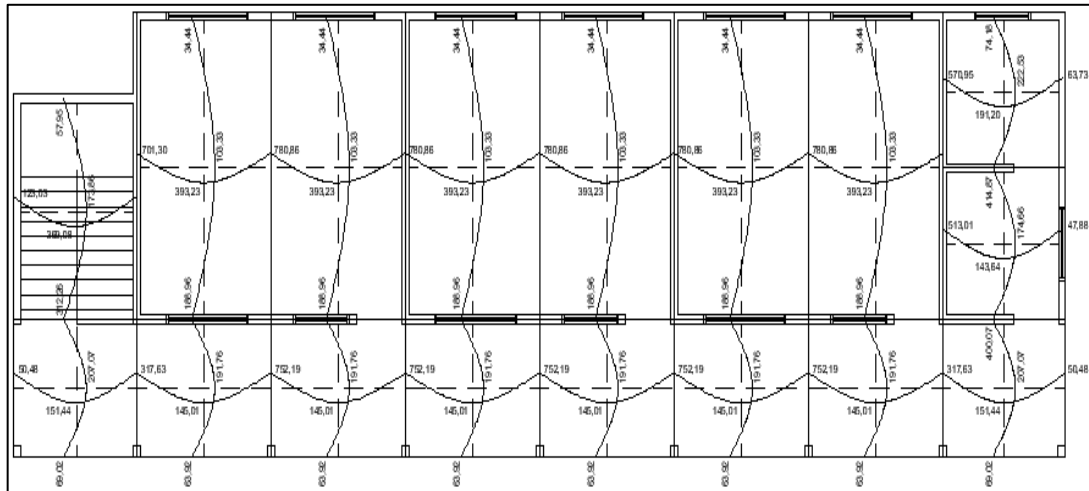
Se utilizó el mismo procedimiento, basado en las ecuaciones vistas anteriormente para realizar el balance de momentos en todas las losas de entrespiso y de techo.

Figura 26. **Momentos finales en losa de entrespiso**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 27. Momentos finales en losa de techo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Diseño de armado de la losa

El diseño del armado estará basado en la losa más crítica de entrespiso y de techo, se utilizará un ancho unitario de 1 metro, debe determinarse el acero de refuerzo para el momento de diseño y definir el área de acero mínimo.

- Armado de losa de entrespiso

Datos:

$M_a = 1\ 053,39\ \text{kg}\cdot\text{m}$ losa número 4

$t = 0,11\ \text{m}$

$f'c = 280\ \text{kg}/\text{cm}^2$

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

Ancho unitario, $b = 1,00\ \text{m}$

Recubrimiento, $r = 2,50$ cm

Cálculo de peralte:

$$d = t - r$$

$$d = 11,00 \text{ cm} - 2,50 \text{ cm} = 8,50 \text{ cm}$$

- Cálculo de acero mínimo

El área de acero mínimo en una losa se obtiene con la fórmula que se utiliza para obtener el área de acero mínimo de una viga. La sección 9.6.1.2 de ACI 318SUS-14 establece que el área de acero mínimo no debe ser menor que el obtenido por medio de las expresiones siguientes:

$$As_{min} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d$$

$$As_{min} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}}{2\ 810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 8,50$$

$$As_{min} = 4,05 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{14}{fy} * b * d$$

$$As_{min} = \frac{14}{2\ 810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 8,50$$

$$As_{min} = 4,23 \text{ cm}^2$$

Se utilizará como acero mínimo el mayor resultado obtenido en este caso 4,23 cm².

- Acero máximo

El área de acero máximo se determina con la siguiente expresión:

$$As_{m\acute{a}x} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'c * 6120}{fy * (6120 + fy)}$$

Si $0 \text{ kg/cm}^2 < f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$ entonces $\beta = 0,85$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 280 * 6120}{2810 * (6120 + 2810)}$$

$$\rho_b = 0,0493$$

$$As_{m\acute{a}x} = 0,5 * 0,0493 * 100 * 8,50$$

$$As_{m\acute{a}x} = 20,95 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido

$$As_{req} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right)$$

$$As_{req} = \left[100 * 8,50 - \sqrt{(100 * 8,50)^2 - \frac{1053,39 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2810} \right)$$

$$As_{req} = 5,10 \text{ cm}^2$$

Como $As_{min} < As_{req} < As_{m\acute{a}x}$ se utilizará el acero requerido.

Para el armado de losa se utilizarán varillas núm. 3 (Avarilla = 0,7126 cm²)

- Cálculo de espaciamiento (S)

$$S = \frac{A_{varilla} * b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,7126 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{5,10 \text{ cm}^2}$$

$$S = 13,97 \text{ cm} \cong 15 \text{ cm}$$

- Armado de losa de techo

Datos:

Ma- = 780,86 kg-m losa número 5

t = 0,11 m

f'c = 280 kg/cm²

fy = 2 810 kg/cm²

Ancho unitario, b = 1,00 m

Recubrimiento, r = 2,50 cm

Cálculo de peralte:

$$d = t - r$$

$$d = 11,00 \text{ cm} - 2,50 \text{ cm} = 8,50 \text{ cm}$$

- Cálculo de acero mínimo

El área de acero mínimo en una losa se obtiene con la fórmula que se utiliza para obtener el área de acero mínimo de una viga. La sección 9.6.1.2 de ACI 318SUS-14 establece que el área de acero mínimo no debe ser menor que el obtenido por medio de las expresiones siguientes:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}}{2 810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 8,50$$

$$A_{s_{min}} = 4,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{fy} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{2 810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 8,50$$

$$A_{s_{min}} = 4,23 \text{ cm}^2$$

Se utilizará como acero mínimo el mayor resultado obtenido en este caso 4,23 cm².

- Acero máximo

El área de acero máximo se determina con la siguiente expresión:

$$A_{s_{máx}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'c * 6120}{fy * (6 120 + fy)}$$

Si $0 \text{ kg/cm}^2 < f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$ entonces $\beta = 0,85$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 280 * 6 120}{2 810 * (6 120 + 2 810)}$$

$$\rho_b = 0,0493$$

$$As_{m\acute{a}x} = 0,5 * 0,0493 * 100 * 8,50$$

$$As_{m\acute{a}x} = 20,95 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido

$$As_{req} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right)$$

$$As_{req} = \left[100 * 8,50 - \sqrt{(100 * 8,50)^2 - \frac{780,86 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2810} \right)$$

$$As_{req} = 3,73 \text{ cm}^2$$

Como $As_{req} < As_{min}$ se utilizará el acero mínimo

Para el armado de losa se utilizarán varillas núm. 3 ($A_{varilla} = 0,7126 \text{ cm}^2$)

- Cálculo de espaciamiento (S)

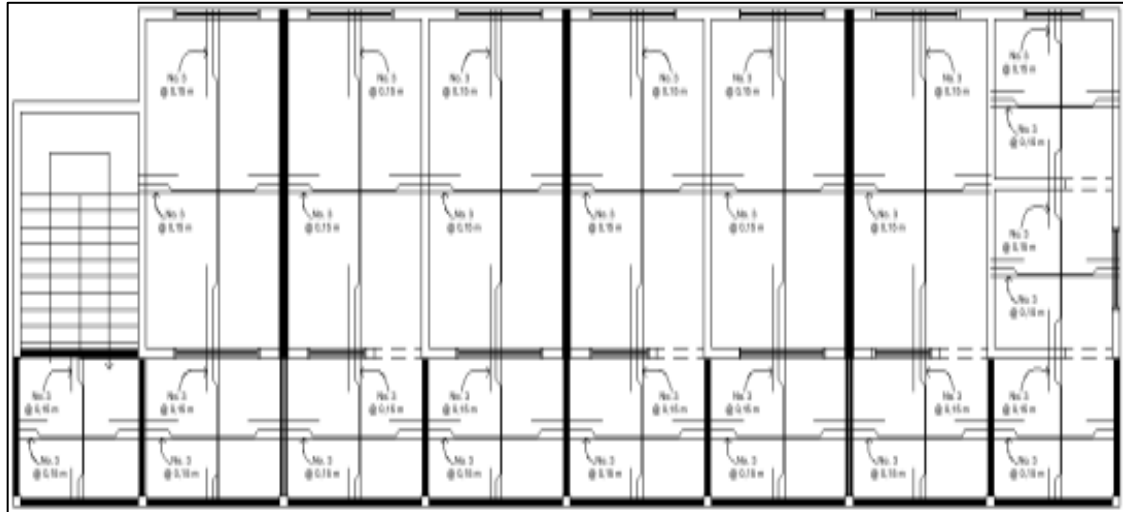
$$S = \frac{A_{varilla} * b}{As}$$

$$S = \frac{0,7126 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{4,23 \text{ cm}^2}$$

$$S = 17,01 \text{ cm} \cong 15 \text{ cm}$$

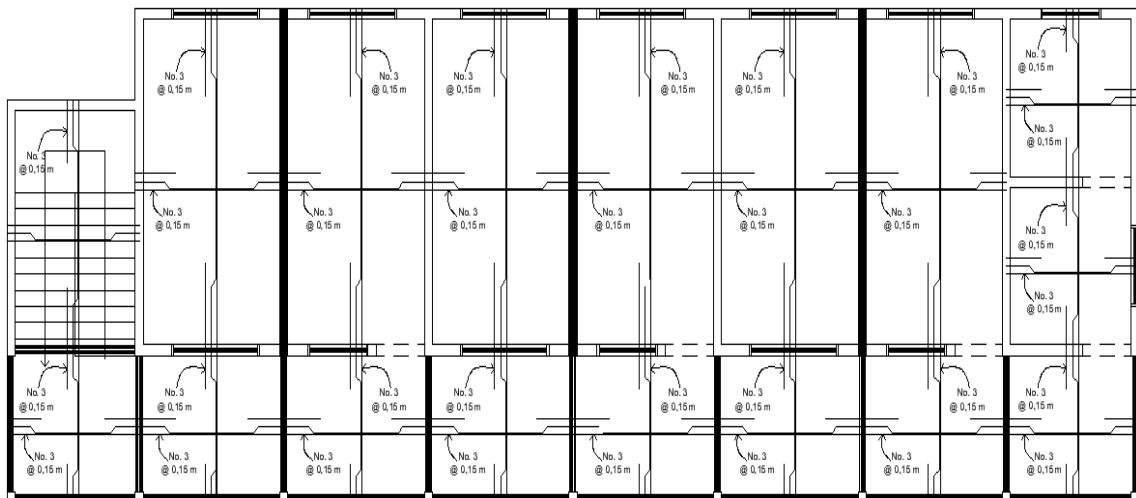
El armado de losa tanto entrepiso como techo se hará con acero núm. 3 @ 15 centímetros.

Figura 28. Armado de losa de entrepiso



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 29. Armado de losa de techo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Chequeo por corte

En losas donde se aplica una carga concentrada el cortante puede ser crítico, en este caso los esfuerzos deben ser resistidos por el concreto, el chequeo consiste en determinar si el peralte utilizado, es el adecuado para soportar estos esfuerzos.

$$V_{act} < V_{res}$$

- Corte actuante

$$V_{act} = \frac{C_{TU} * L}{2}$$

$$V_{act} = \frac{905,60 \frac{kg}{m} * 6,29 m}{2}$$

$$V_{act} = 2 848,11 kg$$

- Corte resistente

$$V_{res} = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d \quad \phi = 0,85$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 100 * 8,50$$

$$V_{res} = 6 407,56 kg$$

El cortante que actúa es menor que el cortante resistente, por lo cual el espesor propuesto para las losas cumple con todos los requerimientos.

2.15. Diseño de cimentación

La estructura estará soportada por el cimiento corrido, que se encarga de recibir las cargas que provienen de los muros de mampostería. El cimiento corrido será diseñado con base en la carga admisible del suelo.

- Determinación del valor soporte

Para determinar el valor soporte del suelo, se hizo a través de una muestra inalterada de suelo, con este valor se diseñará el cimiento corrido.

$$q_{adm} = 147,66 \frac{ton}{m^2}$$

Con un factor de seguridad igual a 3, se determinará el valor soporte de diseño:

$$q_{adm} = \frac{147,66 \frac{ton}{m^2}}{3}$$

$$q_{adm} = 49,22 \frac{ton}{m^2}$$

- Diseño de cimiento corrido

Todas las cargas provenientes de la estructura son transmitidas al suelo a través del cimiento corrido. El cimiento corrido tendrá las siguientes características.

Datos:

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

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$t = 0,20 \text{ m}$$

$$F_{cu} = 1,50$$

$$\gamma_{suelo} = 1,35 \text{ ton/m}^3$$

$$q_{adm} = 49,22 \text{ ton/m}^2$$

Debe determinarse la carga que soportará el cimiento corrido por unidad lineal:

$$W_u = \frac{W_{edificio}}{L_{total}}$$

$$W_u = \frac{432,07 \text{ ton}}{96,25 \text{ m}}$$

$$W_u = 4,49 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

- Presión actuante

Definida como el cociente entre la carga total y el área de cimentación. Es la presión que actúa en la base de la cimentación y que es generada por todos los componentes verticales como el peso de la edificación, el peso del cimiento, el peso del suelo y la sobrecarga.

$$P_{total} = W_u + W_{suelo} + W_{cimiento}$$

$$P_{total} = W_u + \gamma_{suelo \text{ húmedo}} * b * h * L + \gamma_c * b * t * L$$

$$P_{total} = 4,49 + 1,64 * 0,50 * 1,00 * 1,00 + 2,40 * 0,50 * 0,20 * 1,00 = 5,55 \text{ ton}$$

- Carga actuante

$$Q_{act} = \frac{P_{total}}{\dot{A}rea}$$

$$Q_{act} = \frac{5,55 \text{ ton}}{0,50 \text{ m} * 1,00 \text{ m}}$$

$$Q_{act} = 11,10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Se debe verificar que la capacidad de carga del suelo sea mayor que la carga que actúa sobre él, para que sea factible la construcción del cimiento calculado. Al comparar los resultados, se comprueba que si se cumple con la condición antes mencionada.

$$Q_{act} < Q_{adm}$$

$$11,10 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 49,22 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

- Espesor de cimiento

Previo a calcular el peralte del cimiento corrido, se debe calcular la presión de diseño última. Se debe incrementar la presión actuante por un factor de seguridad llamado factor de carga última, el cual se encuentra en el rango de 1 a 1,5.

$$Q_{disU} = Q_{act} * F_{cu}$$

$$Q_{disU} = 11,10 * 1,5$$

$$Q_{disU} = 16,65 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

- Peralte de cimiento

$$d = t - rec - \frac{\emptyset No. 3}{2}$$

$$d = 20 - 7,5 - \frac{0,9525}{2}$$

$$d = 12 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte

$$X = \frac{0,50 - 0,20}{2} - 0,12$$

$$X = 0,03 \text{ m}$$

- Cortante actuante

$$V_{act} = Q_{disU} * X$$

$$V_{act} = 16,65 * 0,03 = 0,50 \text{ ton} = 500,00 \text{ kg}$$

- Cortante resistente

$$V_{res} = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d \quad \emptyset = 0,85$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 100 * 12$$

$$V_{res} = 9\,045,97 \text{ kg}$$

$$V_{act} < V_{res}$$

El valor del cortante que actúa es menor que el valor del cortante que resiste el cimiento, por lo tanto, el peralte calculado es adecuado para soportar las cargas a las que estará sometida la cimentación.

- Diseño a flexión

$$L = \frac{b - t}{2}$$

$$L = \frac{0,50 - 0,20}{2} = 0,15 \text{ m}$$

$$M = \frac{W * L^2}{2}$$

$$M = \frac{16,65 * (0,15)^2}{2}$$

$$M = 0,187 \text{ ton} * \text{m}$$

$$M = 187,31 \text{ kg} * \text{m}$$

- Cálculo de acero mínimo

El área de acero mínimo se obtiene con la fórmula que se utiliza para obtener el área de acero mínimo de una viga. La sección 9.6.1.2 de ACI 318SUS-14 establece que el área de acero mínimo no debe ser menor que el obtenido por medio de las expresiones siguientes:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}}{2810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 12,00$$

$$A_{s_{min}} = 5,72 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{2810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 12,00$$

$$A_{s_{min}} = 5,98 \text{ cm}^2$$

Se utilizará como acero mínimo el mayor resultado obtenido en este caso 5,98 cm².

- Acero máximo

El área de acero máximo se determina con la siguiente expresión:

$$A_{s_{máx}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'c * 6120}{fy * (6120 + fy)}$$

Si $0 \text{ kg/cm}^2 < f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$ entonces $\beta = 0,85$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 280 * 6120}{2810 * (6120 + 2810)}$$

$$\rho_b = 0,0493$$

$$A_{s_{máx}} = 0,5 * 0,0493 * 100 * 12,00$$

$$A_{s_{máx}} = 29,58 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido

$$A_{s_{req}} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right)$$

$$A_{s_{req}} = \left[100 * 12,00 - \sqrt{(100 * 12,00)^2 - \frac{187,31 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2 * 810} \right)$$

$$A_{s_{req}} = 0,62 \text{ cm}^2$$

Como $A_{s_{req}} < A_{s_{min}}$ se utilizará el acero mínimo

Para el armado del cimiento se utilizarán varillas núm. 3 ($A_{varilla} = 0,7126 \text{ cm}^2$)

- Espaciamiento ente estribos

$$S = \frac{A_{s_{varilla}} * b}{A_{s_{min}}}$$

$$S = \frac{0,71 * 100}{5,98}$$

$$S = 11,87 \text{ cm}$$

Los eslabones estarán separados a una distancia de 15 cm.

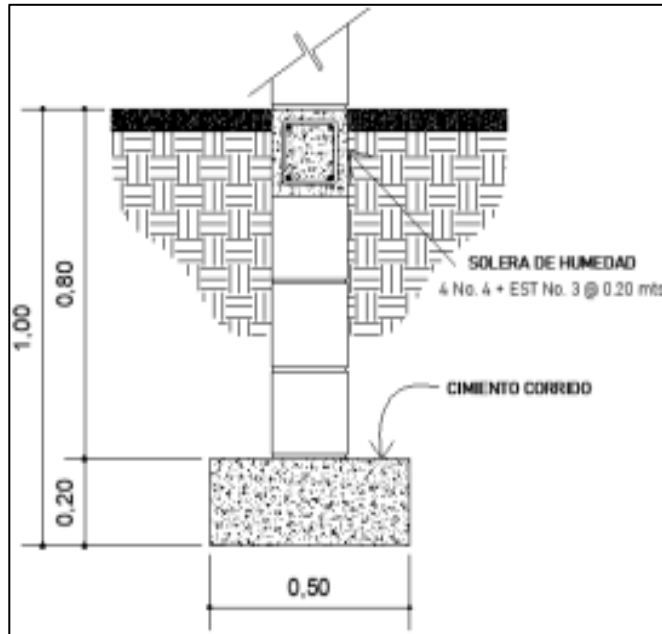
- Acero por temperatura

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s_{temp}} = 0,002 * 50 * 20 = 2,00 \text{ cm}^2$$

El área de acero por temperatura es cubierta con 3 varillas número 3 corridas ($3 * 0,71 \text{ cm}^2 = 2,13 \text{ cm}^2$).

Figura 30. **Detalle de cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- **Diseño de zapata**

Las columnas aisladas en el pasillo transmiten las cargas al suelo a través de las zapatas. Las zapatas tendrán las siguientes características.

Datos:

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

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$t = 0,30 \text{ m}$$

$$F_{cu} = 1,50$$

$$P_u = 36,99 \text{ ton}$$

$$\gamma_{suelo} = 1,35 \text{ ton/m}^3$$

$$q_{adm} = 49,22 \text{ ton/m}^2$$

- Predimensionamiento de zapata

$$A_{zapata} = \frac{1,5 * P_u}{V_s}$$

Donde:

P_u = carga última en ton

V_s = valor soporte del suelo en ton/m²

$$A_{zapata} = \frac{1,5 * 36,99}{49,22}$$

$$A_{zapata} = 1,13 \text{ m}^2$$

Se determinó un área de 1,13 m², para la zapata y se propone una zapata cuadrada.

$$A = b^2$$

Donde:

b = ancho de la zapata

$$b = \sqrt{1,13 \text{ m}^2}$$

$$b = 1,10 \text{ m}$$

La zapata será de 1,10 m de ancho y 1,10 m de largo.

- Carga actuante

$$P_{total} = 36,99 + 1,21 * 1,20 * 2,40 = 28,00 \text{ ton}$$

$$Q_{act} = \frac{P_{total}}{\text{Área}}$$

Donde:

P_{total} = carga total en ton

A = área de la zapata en m^2

$$Q_{act} = \frac{40,47}{1,21}$$

$$Q_{act} = 33,44 \frac{\text{ton}}{m^2}$$

Para que el diseño de la zapata sea adecuado la carga actuante debe ser menor que la carga admisible, en este caso el diseño cumple con dicha condición.

$$Q_{act} < q_{adm}$$

$$33,44 \frac{\text{ton}}{m^2} < 49,22 \frac{\text{ton}}{m^2}$$

- Espesor de la zapata

$$q_{diseño} = 1,5 * 33,44 = 50,16 \frac{\text{ton}}{m^2}$$

Se propone un espesor de 30 cm, tomando en cuenta que el recubrimiento del refuerzo no sea menor a 7,50 cm.

- Peralte efectivo

$$d = t - rec - \frac{\phi No. 4}{2}$$

$$d = 30 - 7,50 - \frac{1,27}{2}$$

$$d = 22,00 \text{ cm}$$

- Corte simple

$$X = \frac{B}{2} - \frac{a}{2} - d$$

Donde:

B = ancho de la zapata

a = ancho de la columna

d = peralte efectivo

$$X = \frac{1,10}{2} - \frac{0,20}{2} - 0,22$$

$$X = 0,23 \text{ m}$$

- Corte actuante

$$V_{act} = B * X * q_{diseño}$$

$$V_{act} = 1,10 * 0,23 * 50,16 = 12,69 \text{ ton}$$

- Corte resistente

$$V_{res} = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d \quad \phi = 0,85$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 110 * 22$$

$$V_{res} = 18,24 \text{ ton}$$

Para que el espesor de la zapata propuesto sea adecuado, el corte actuante debe ser menor que el corte resistente, en este caso el diseño cumple con el chequeo por corte simple.

$$V_{act} < V_{res}$$

$$12,69 \text{ ton} < 18,24 \text{ ton}$$

- Corte punzonante

- Corte actuante

$$V_{act} = q_{diseño} * (A - (a + d)^2)$$

$$V_{act} = 50,16 * ((1,10)^2 - (0,20 + 0,22)^2) = 51,85 \text{ ton}$$

- Corte resistente

$$V_{res} = \phi * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_o * d \quad \phi = 0,85$$

Donde b_o es el perímetro de sección crítica de punzonamiento.

$$b_o = 4 * (a + d) = 4 * (20 + 22) = 168 \text{ cm}$$

$$V_{res} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{280} * 168 * 22 = 55,72 \text{ ton}$$

Para que el espesor de la zapata propuesto sea adecuado, el corte actuante debe ser menor que el corte resistente, en este caso el diseño cumple con el chequeo por punzonamiento.

$$V_{act} < V_{res}$$

$$51,85 \text{ ton} < 55,72 \text{ ton}$$

- Diseño del refuerzo

El momento flector se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Mu = \frac{q_{diseño} * L^2}{2}$$

$$L = \frac{1,10}{2} - \frac{0,20}{2} = 0,45 \text{ m}$$

$$Mu = \frac{50,16 * (0,45)^2}{2}$$

$$Mu = 5,08 \text{ ton} * m = 5\,078,70 \text{ kg} * m$$

- Acero mínimo

Para determinar el área de acero mínimo en una zapata, se obtiene con la fórmula que se utiliza para obtener el área de acero mínimo de una viga. La sección 9.6.1.2 de ACI 318SUS-14 establece que el área de acero mínimo no debe ser menor que el obtenido por medio de las expresiones siguientes:

$$As_{min} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}}{2810 \frac{kg}{cm^2}} * 110 * 22$$

$$A_{s_{min}} = 11,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{2810 \frac{kg}{cm^2}} * 110 * 22$$

$$A_{s_{min}} = 12,05 \text{ cm}^2$$

Se utilizará como acero mínimo el mayor resultado obtenido, en este caso 11,00 cm².

- Cálculo de acero requerido

$$A_{s_{req}} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \left(\frac{f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{s_{req}} = \left[110 * 22 - \sqrt{(110 * 22)^2 - \frac{5078,70 * 110}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2810} \right)$$

$$A_{s_{req}} = 9,34 \text{ cm}^2$$

Como $A_{s_{min}} > A_{s_{req}}$ se utilizará el área de acero mínimo, para el armado de la zapata.

- Espaciamiento entre varillas

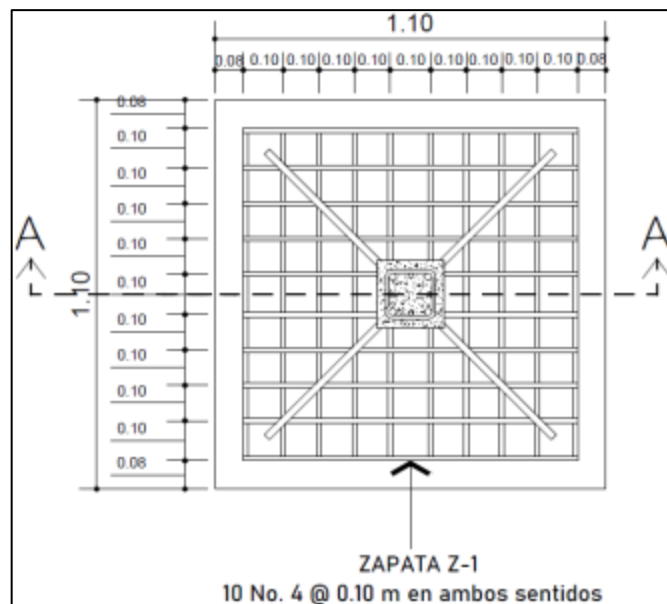
$$S = \frac{A_{S_{varilla}} * b}{A_{S_{min}}}$$

$$S = \frac{1,27 * 110}{12,05}$$

$$S = 11,59 \text{ cm}$$

Las varillas estarán separadas a una distancia de 10 cm.

Figura 31. **Detalle de zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.16. Diseño de escaleras

Las escaleras o gradas se utilizan para unir a través de escalones sucesivos los niveles de una construcción, en este caso el edificio escolar

contará con dos niveles. Es importante tomar en cuenta la forma y la ubicación que tendrán las escaleras, debido a la importancia que tienen en una construcción.

Un buen diseño de escaleras debe tener una buena ubicación, así como un dimensionamiento adecuado para el tipo de edificio que se diseña, además debe contar con una buena iluminación y ventilación.

El diseño de las escaleras se basa en el dimensionamiento de huellas y contrahuellas, a través de esto se debe garantizar la comodidad de las escaleras para las cuales existen los siguientes límites según la Norma de reducción de desastres número dos -NR2-.

Huella mínima = 28 cm

Contrahuella = de 10 cm a 18 cm

Distancia vertical máxima entre descansos = 370 cm

- Número de contrahuellas

Altura de piso a cielo = 3,04 m

Espesor de losa = 0,11 m

Piso más mezclón = 0,05 m

Total 3,20 m

$$\text{No. de contrahuellas} = \frac{\text{altura total}}{\text{altura de contrahuella}}$$

$$\text{No. de contrahuellas} = \frac{3,20 \text{ m}}{0,16 \text{ m}} = 20$$

- Número de huellas

$$\text{No. de huellas} = \text{No. de contrahuellas} - 1$$

$$\text{No. de huellas} = 20 - 1 = 19$$

La escalera del edificio escolar estará conformada por 20 contrahuellas y 19 huellas.

- Espesor de losa

$$t = \frac{P}{180}$$
$$t = \frac{2 * 3,40 + 2 * 1,50}{180} = 0,05 \text{ m}$$

Se utilizará un peralte de $t = 11,0 \text{ cm}$

- Integración de cargas

Datos:

Carga viva = 500 kg/m^2

Carga de acabados = 50 kg/m^2

Ancho = $1,50 \text{ m}$

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

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

$\gamma_{concreto} = 2\,400 \text{ kg/m}^3$

- Carga muerta

$$P.P. \text{ escalera} = \gamma_{concreto} * (t + c/2)$$

$$P.P. \text{ escalera} = 2400 \text{ kg/m}^3 * (0,11 \text{ m} + 0,16/2)$$

$$P.P. \text{ escalera} = 456 \text{ kg/m}^2$$

$$C.M. = P.P. \text{ escalera} + \text{acabados}$$

$$C.M. = 456 \text{ kg/m}^2 + 50 \text{ kg/m}^2$$

$$C.M. = 506 \text{ kg/m}^2$$

- Carga viva

$$\text{Escaleras p\u00fablicas} = 500 \text{ kg/m}^2$$

- Carga \u00faltima

$$C.U. = 1,4 * C.M. + 1,7 * C.V.$$

$$C.U. = 1,4 * 506 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 1,7 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$C.U. = 1558,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- C\u00e1lculo de momentos

$$M_{-} = \frac{C.U. * L^2}{14}$$

$$M_{-} = \frac{1558,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * (3,40)^2}{14}$$

$$M_{-} = 1286,79 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{+} = \frac{C.U. * L^2}{9}$$

$$M_{+} = \frac{1\,558,40 \frac{kg}{m^2} * (3,40)^2}{9}$$

$$M_{+} = 2\,001,68 \text{ kg} * m$$

- Acero mínimo

El área de acero mínimo en una losa se obtiene con la fórmula que se utiliza para obtener el área de acero mínimo de una viga. La sección 9.6.1.2 de ACI 318SUS-14 establece que el área de acero mínimo no debe ser menor que el obtenido por medio de las expresiones siguientes:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 11 - 2,5 = 8,5 \text{ cm}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}}{2\,810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 8,5$$

$$A_{s_{min}} = 4,05 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{2\,810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 8,5$$

$$A_{s_{min}} = 4,23 \text{ cm}^2$$

Se utilizará como acero mínimo el mayor resultado obtenido, en este caso 4,23 cm²

- Acero máximo

El área de acero máximo se determina con la siguiente expresión:

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'c * 6120}{f_y * (6120 + f_y)}$$

Si $0 \text{ kg/cm}^2 < f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$ entonces $\beta = 0,85$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 280 * 6120}{2810 * (6120 + 2810)}$$

$$\rho_b = 0,0493$$

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = 0,5 * 0,0493 * 100 * 8,50$$

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = 20,95 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido

$$A_{s_{req}} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \left(\frac{f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{s_{req}M-} = \left[100 * 8,5 - \sqrt{(100 * 8,5)^2 - \frac{1286,79 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2810} \right)$$

$$A_{s_{req}M-} = 6,26 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{req}M+} = \left[100 * 8,5 - \sqrt{(100 * 8,5)^2 - \frac{2001,68 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 * \left(\frac{280}{2810} \right)$$

$$A_{s_{req}M+} = 10,00 \text{ cm}^2$$

El área de acero requerido para ambos momentos es mayor que el acero mínimo $A_{sreq} > A_{smin}$. Por lo tanto, se utilizará el acero del momento positivo de $10,00 \text{ cm}^2$ y varillas No. 3 ($A_s = 0,71 \text{ cm}^2$).

- Espaciamiento entre varillas

$$S = \frac{A_{s\text{varilla}} * b}{A_{smin}}$$

$$S = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{10,00 \text{ cm}^2}$$

$$S = 7,10 \text{ cm}$$

Se utilizará tanto en la cama inferior como en la superior, varillas número 3 @ 0,10 m en forma de bastones.

- Acero por temperatura

$$A_{s\text{temperatura}} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s\text{temperatura}} = 0,002 * 100 * 11 = 2,20 \text{ cm}^2$$

Se determina el espaciamiento necesario (S) para varillas número 3 ($A_s = 0,71 \text{ cm}^2$).

$$S = \frac{A_{s\text{varilla}} * b}{A_{smin}}$$

$$S = \frac{0,71 * 100}{2,20}$$

$$S = 32,28 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas número 3 @ 30 cm en el sentido transversal a la escalera.

2.17. Presupuesto

En la siguiente tabla, se describe el presupuesto de trabajo para el proyecto de la escuela del caserío Loma Linda, se detalla la cantidad, la unidad de medida, el precio unitario y el total de los materiales. Se utilizó un treinta y cinco por ciento para el cálculo de los costos indirectos.

Tabla XXXVIII. **Presupuesto escuela**

DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA COMITANCILLO SAN MARCOS					
PRESUPUESTO INTEGRADO					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Subtotal
1	Trabajos preliminares	255,50	M2	Q 67,69	Q 17 293,64
2	Zapata z-1	9,00	Unidad	Q 2 384,40	Q 21 459,58
3	Cimiento corrido	99,50	ML	Q 572,94	Q 57 007,40
4	Levantado de muro para cimiento	58,00	M2	Q 365,94	Q 21 224,70
5	Solera de humedad	140,50	ML	Q 497,73	Q 69 930,38
6	Levantado de muro	307,00	M2	Q 364,38	Q 111 865,08
7	Solera intermedia	250,00	ML	Q 365,67	Q 91 417,34
8	Columna c-1	252,00	ML	Q 767,99	Q 193 532,74
9	Columna c-2	112,00	ML	Q 558,48	Q 62 550,28
10	Columna c-3	185,00	ML	Q 415,98	Q 76 955,78
11	Solera corona	188,00	ML	Q 487,01	Q 91 558,20
12	Viga v-1	36,00	ML	Q 1 065,61	Q 38 361,86
13	Viga v-2	104,00	ML	Q 704,46	Q 73 263,90
14	Losas	434,00	M2	Q 1 271,44	Q 551 804,25
15	Repello + cernido columnas vigas soleras y losas	885,00	M2	Q 172,55	Q 152 705,05
16	Piso de granito	442,00	M2	Q 354,20	Q 156 557,40
17	Instalación eléctrica (iluminación y fuerza)	87,00	Unidad	Q 474,96	Q 41 321,39
18	Ventanas	98,50	M2	Q 1 362,49	Q 134 205,20
19	Puertas	35,50	M2	Q 1 536,54	Q 54 547,09
20	Módulo de gradas	15,00	M2	Q 1 707,91	Q 25 618,60
21	Barandal de gradas y pasillo	40,00	ML	Q 727,06	Q 29 082,56
22	Limpieza final	1,00	Unidad	Q 3 873,10	Q 3 873,10
Costo total del proyecto					Q 2 076 135,52
El presupuesto asciende a una cantidad de: Dos millones setenta y seis mil ciento treinta y cinco quetzales con 52/100,					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.18. Cronograma de ejecución

A continuación, se describe el cronograma de ejecución, donde se detallan las actividades y su tiempo de duración, para la construcción del proyecto.

Tabla XXXIX. Cronograma físico y financiero

CRONOGRAMA FÍSICO Y FINANCIERO											
No.	Descripción	TIEMPO DE EJECUCIÓN								Subtotal (Q)	
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8		
1	Trabajos preliminares	■									17 293,64
2	Zapala z-1	■	■								21 459,58
3	Cimiento corrido	■	■	■							57 007,40
4	Levantado de muro para cimiento		■	■	■						21 224,70
5	Solera de humedad		■	■	■	■					69 930,38
6	Levantado de muro			■	■	■	■	■			111 865,08
7	Solera intermedia			■	■	■	■	■	■		91 417,34
8	Columna c-1		■	■	■	■	■	■	■		193 532,74
9	Columna c-2		■	■	■	■	■	■	■		62 550,28
10	Columna c-3		■	■	■	■	■	■	■		76 955,78
11	Solera corona			■	■	■	■	■	■		91 558,20
12	Viga v-1				■	■	■	■	■		38 361,86
13	Viga v-2				■	■	■	■	■		73 263,90
14	Losas				■	■	■	■	■		561 804,26
15	Repele + cernido columnas vigas soleras y losas							■	■		152 705,05
16	Piso de granito							■	■		156 557,40
17	Instalación eléctrica (iluminación y fuerza)							■	■		41 321,39
18	Ventanas							■	■		134 205,20
19	Puertas							■	■		54 547,09
20	Módulo de gradas					■					25 618,60
21	Barandal de gradas y pasillo								■		29 052,56
22	Limpieza final									■	3 873,10
Costo total del proyecto (Q)											2 076 135,52
Inversión mensual		20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	20 %		
Inversión acumulada		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	100 %		
Inversión mensual en dinero		415 227,10	207 613,55	207 613,55	207 613,55	207 613,55	207 613,55	207 613,55	415 227,10		
Inversión acumulada en dinero		415 227,10	622 840,66	830 454,21	1 038 067,76	1 245 681,31	1 453 294,87	1 660 908,42	2 076 135,52		

El presupuesto asciende a una cantidad de: dos millones setenta y seis mil ciento treinta y cinco quetzales con 52/100.

Fuente: elaboración propia empleando Project.

2.19. Evaluación ambiental

Para la evaluación del impacto ambiental, se utilizó la herramienta AGRIP la cual es empleada por SEGEPLAN para los proyectos de inversión pública.

Tabla XL. Evaluación del impacto ambiental

Análisis de gestión del riesgo en proyectos de inversión pública				
Nombre del proyecto		Construcción escuela primaria, caserío loma linda		
Unidad ejecutora		Municipalidad de comitancillo		
Región		Vi	Coordenadas	
			Latitud	15°07'36" n
			Longitud	91°45'50.2" w
Departamento		San marcos		
Municipio		Comitancillo		
Amenazas		Nivel de la relación intensidad y frecuencia de las amenazas en el sitio del proyecto	Efectos probables a la exposición del sitio del proyecto y según amenaza evaluada	Recomendaciones
Geológicas	Sismicidad (terremoto)	Alta	<ul style="list-style-type: none"> > muy fuerte a destructivo emm (vii-ix). > daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. > grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. > edificios desplazados fuera de las bases. 	<p>A nivel nacional se recomienda consultar:</p> <ul style="list-style-type: none"> > normativa nse-2-2018 (modificada 2020) de agies, con el objetivo de calcular y según el índice de sismicidad del sitio, el diseño de acuerdo a la ordenada espectral de período corto y la ordenada espectral con período de 1 segundo. > normativa nse-2.1-18 (modificada 2020), de agies relacionada a los estudios geotécnicos. > normativa nse-1, 2018 (modificada 2020) de agies, relacionada a generalidades, administración de las normas y supervisión técnica. > así como las demás normas nse de agies relacionadas al diseño de los proyectos.
	Volcánica	No identificada	--	--
	Deslizamiento/ Derrumbes	Baja	<ul style="list-style-type: none"> > se considera que no habrá daños significativos por esta amenaza y/o son de baja intensidad. 	<ul style="list-style-type: none"> > en todos los casos se recomienda la utilización de la normativa nse-2.1-18 (modificada 2020), de agies específicamente Consultar: capítulo 4 (caracterización geotécnica del subsuelo); capítulo 5 (cimentación); capítulo 7 (estabilidad de laderas y taludes). > en todos los casos se recomienda la utilización de la normativa nse-2-2018 de agies, capítulo 10 (condiciones de terreno).
Hidrometeorológicas	Vientos fuertes	Baja	> probabilidad de daños leves.	> se recomienda observar las recomendaciones de la normativa nse-2-18 de agies, relacionadas a la amenaza; especificadas en el capítulo 5 (acciones del viento).
	Huracanes	Baja	<ul style="list-style-type: none"> > sin daños en las estructuras de los edificios. > daños básicamente en arbustos y árboles. > inundaciones en zonas costeras. > casas de madera podrían sufrir daños. 	<ul style="list-style-type: none"> > observar las recomendaciones de la norma nse-2-2018 (modificada 2020) de agies, capítulo no. 5. Relacionadas al viento y capítulo no. 10, relacionado a condiciones de terreno, el subcapítulo 10.2.5 que se refiere a zonas inundables y erosionables. > así como las demás normas nse de agies, relacionadas al diseño de los proyectos.
Hidrometeorológicas	Inundaciones	Baja	> probabilidad de daños no significativos.	<ul style="list-style-type: none"> > en todos los casos se recomienda el uso de la normativa nse-2-2018 (diseño estructural de edificaciones); especificado en el capítulo 10 (condiciones del terreno). > se recomienda utilizar la normativa nse-2.1-18 (modificada 2020), de Agies (estudios geotécnicos), especialmente el capítulo 4 (caracterización geotécnica del subsuelo).

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3. DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS

3.1. Descripción del proyecto a desarrollar

La aldea Chicajalaj, tiene como principal actividad económica, el comercio de productos agrícolas, debido a esto surge la necesidad de mejorar las condiciones de la carretera y para ello se debe realizar una planificación solicitada por las autoridades comunitarias para un proyecto de empedrado con carrileras de concreto, para tener una carretera accesible y poder trasladar los productos a diferentes zonas de la aldea. Para su realización se llevó a cabo un levantamiento topográfico, en lo que se refiere a la altimetría y planimetría.

El tramo realizado cuenta con una longitud total de 2 990,00 metros, dicho tramo cuenta con secciones transversales a cada 20 m y una sección típica del empedrado con carrileras de concreto.

3.2. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico para localizar todos los puntos importantes de la carretera, como la línea central de la carretera, los puntos de las curvas, secciones transversales, transversales o alcantarillas, entre otros. Se realizó el levantamiento planimétrico a través del método de conservación del azimut y el levantamiento taquimétrico se realizó a través de un método indirecto, el cual permite definir las cotas del terreno a trabajar, tanto en las irregularidades como en los cambios de dirección más importantes.

3.3. Estudio de suelos

Con los resultados obtenidos que proporciona el laboratorio de las muestras obtenidas en el lugar de trabajo, se pueden analizar y tomar decisiones para la preparación de las capas que conforman la carretera y así determinar la mejor forma o método más adecuado a aplicar.

3.4. Ensayos de laboratorio

Realizar los ensayos de laboratorio es de gran importancia para el diseño de la estructura de una carretera, ya que, con base en estos ensayos, se determinará la calidad del suelo y el espesor de las capas que conforman la estructura de la carretera.

3.4.1. Granulometría

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. Los resultados del análisis son representados en forma gráfica, obteniéndose con ella una curva de distribución granulométrica.

Debido a los diferentes tamaños de las partículas de suelo, es necesario el análisis granulométrico, a través del cual se determina la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen a un suelo. Para determinar el tamaño de los granos de los suelos se utilizan generalmente dos métodos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas regularmente se utiliza el tamizado, que consiste en hacer pasar el material por varios tamices; pero cuando los suelos son demasiado finos se utiliza el método de la sedimentación.

La ASTM clasifica los suelos de la siguiente manera, las gravas corresponden a la sección de las partículas más gruesas, que incluye todos los granos mayores que el tamiz No. 4 (4,76 mm). La arena incluye todas las partículas menores que el tamiz No. 4 y mayores que el No. 200 (0,074 mm). Los granos menores que el tamiz No. 200 son los finos. Esta última sección se subdivide algunas veces en limos que son partículas mayores que 0,002 mm y arcillas, que son las menores que 0,002 mm; sin embargo, no se puede clasificar la arcilla por el tamaño de las partículas, porque hay suelos más finos que 0,002 mm y que no contienen arcillas y en otros casos algunos granos de minerales arcillosos son mayores de 0,002 mm.

El tamaño efectivo es el diámetro por el cual pasa el 10 % de las partículas de un suelo y se determina gráficamente de la curva granulométrica. La uniformidad de un suelo se puede definir por la siguiente relación:

$$Cu = D_{60} / D_{10}$$

Los suelos que tienen Cu menor que 4 se dice que son uniformes; los suelos con Cu mayor que 6 están bien graduados, siempre que la curva granulométrica sea suave y bastante simétrica. Los porcentajes de grava, arena y finos se determinan a partir de la curva granulométrica o bien de los resultados de los porcentajes acumulativos que pasan por cada tamiz, con base en los siguientes criterios:

- Grava: partículas con diámetros entre 3" y 2 mm.
- Arena: partículas con diámetros entre 2 mm y 0,075 mm.
- Finos: partículas de limo y arcilla con diámetros menores a 0,075 mm.

El resultado del ensayo para la muestra según la clasificación: S.C.U. SM; P.R.A.: A-5, fue arena limosa color café.

3.4.2. Límites de Atterberg

Permiten identificar o conocer de forma sencilla algunas de las propiedades de los suelos.

- Límite líquido

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia de estado líquido a estado plástico. El límite líquido debe determinarse con muestras del suelo que pasen la malla No. 40, si el espécimen es arcilloso es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores de su límite plástico.

El límite líquido se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$LL = W(N/25)^{0,121}$$

Donde:

LL = límite líquido

W = porcentaje de humedad

N = número de golpes

El límite líquido de la muestra es 48,57 %.

- Límite plástico

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje de su peso secado al horno que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada de diámetro sin romperse.

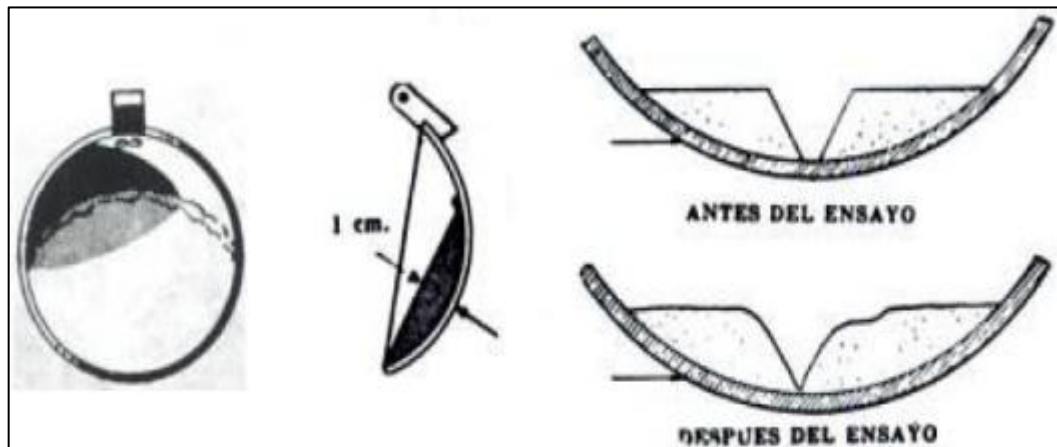
El límite plástico de la muestra es 47,43 %.

- Índice plástico

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo, que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido, como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo.

Según ensayo de laboratorio, el índice plástico de la muestra es 1,15.

Figura 32. Índice plástico del suelo



Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. p. 71.

Indicación de la plasticidad de los suelos:

I.P. = 0	entonces, el suelo no es plástico
I.P. = 7	entonces, el suelo tiene baja plasticidad
$7 \leq \text{Índice plástico} \leq 17$	suelo medianamente plástico

Tomando en cuenta los límites, el suelo se puede catalogar como un suelo de baja plasticidad.

3.4.3. Ensayo de compactación

La densidad de un suelo puede obtenerse a través de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. Al contenido de humedad que da el peso unitario más alto en seco (densidad) se llama: contenido óptimo de humedad. En general, esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

Preparación del material: antes de realizar el ensayo, el material debe ser triturado, secado y pasado por el tamiz No. 4; por triturado debe entenderse únicamente el espolvorear terrones, no así las gravas que pueda haber en la muestra de suelo.

Resultado de laboratorio: obteniendo los resultados por medio del método Proctor Modificado, según la norma A.A.S.T.H.O. T – 180, de la subrasante del proyecto de empedrado con carrileras de concreto de la aldea Chicajalaj, con una humedad óptima del 18,50 % y una densidad seca máxima de 1 384,30 kg/m³ ó 86,50 lb/pie³.

3.4.4. Ensayo de Razón Soporte California (CBR)

- Los pasos necesarios para realizar la prueba:
 - Obtención de la densidad máxima y humedad óptima por compactación.
 - Saturación del espécimen compactado a humedad óptima hasta que alcance su máxima expansión.
 - Determinación de la expansión sufrida por el espécimen durante la saturación.
 - Determinación de las resistencias a la penetración.
 - Cálculo del valor relativo del soporte normal (CBR).

- Descripción de los pasos:
 - Obtención de la densidad máxima y la humedad óptima: la humedad óptima es la humedad mínima requerida por el suelo para alcanzar su densidad máxima cuando es compactada.
 - Saturación del espécimen compactado a humedad óptima: para la saturación se selecciona el espécimen inmediato anterior a aquel donde se expulsó agua, se mide su altura en milímetros y se colocan una o dos hojas de papel filtro en la cara superior, la placa perforada y las placas de carga y se introduce en el tanque de saturación. Sobre los bordes del molde se coloca un tripie con el extensómetro, anotándose la lectura inicial de éste. Se mantiene el espécimen dentro del agua y se hacen lecturas diarias del extensómetro.

- Determinación de la expansión: la diferencia de lecturas final e inicial del extensómetro, expresada en milímetros, se divide entre la altura en milímetros del espécimen antes de sujetarlo a la saturación y este cociente multiplicado por 100 expresa el valor de expansión que debe compararse con el que marque la especificación correspondiente. Usualmente para las carrileras de concreto la expansión no debe ser mayor de 1 % para base, para subbase de 2 % y para subrasante 3 %.

- Determinación de las resistencias a la penetración: al molde con el espécimen que fue retirado del tanque de saturación se le quita el tripie y el extensómetro y con todo cuidado se acuesta sin quitar las placas, dejándolo en esta posición durante tres minutos para que escurra el agua. El pistón de prueba de penetración debe pasar a través de los orificios de las placas hasta tocar la superficie de la muestra, se aplica una carga inicial e inmediatamente después, sin retirar la carga, se ajusta el extensómetro para registrar el desplazamiento vertical del pistón.

- Cálculo del valor relativo del soporte normal (CBR): el valor relativo de soporte de un suelo (CBR) es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y de humedad, y se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para introducir un pistón de sección circular en una muestra de suelo, para que el mismo pistón penetre a la misma profundidad de una muestra tipo de piedra triturada.

Figura 33. Ensayo CBR del suelo



Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. p. 111.

Con el resultado del CBR se puede clasificar el suelo usando la siguiente tabla, que indica el empleo que se le puede dar al material en lo que al CBR se refiere.

Tabla XLI. Empleo que se le puede dar al material en lo que al CBR se refiere

C. B. R.	Clasificación
0 – 5	Subrasante muy mala
5 – 10	Subrasante mala
10 – 20	Subrasante regular a buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Subbase muy mala
50 – 80	Base buena
80 – 100	Base muy buena

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. p. 113.

Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua. El CBR se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón, de piedra triturada de propiedades conocidas.

- Los valores de CBR que se utilizan son:
 - Pulgadas de penetración para un esfuerzo de 3,000 libras
 - Pulgadas de penetración para un esfuerzo de 4,500 libras

3.4.5. Análisis de resultados

- El suelo presenta las siguientes características:
 - Clasificación S.C.U: SM
 - Descripción: Arena limosa color café
 - Suelo de baja plasticidad
 - Densidad seca máxima: 86,50 lb/pie³
 - Humedad óptima: 18,50 %
 - CBR al 99.80 % de compactación: 61,03 %.

El material cumple con los requisitos para una subrasante, el 95 % de compactación requerida se alcanzará con la humedad óptima según el ensayo de proctor modificado y el CBR es mayor del 5 %.

3.5. Parámetros de diseño

Se tomaron en cuenta con respecto a las normas AASHTO 1993.

- Rasante

Es la representación sobre un plano vertical del eje central de una carretera sobre la cual circulan los vehículos. Este plano es paralelo a la subrasante y la diferencia entre ellos está determinada por el espesor del empedrado con carrileras de concreto. En la definición de la rasante se calculan las curvas verticales y horizontales, como también el movimiento de tierra.

El diseño de la carretera actual tiene curvas con radios de 8 metros debido a la topografía del terreno, ya que la línea central pasa en el centro de la comunidad por lo que no se pueden hacer modificaciones de la misma. Para la elaboración de los planos, se trabajarán con las curvas horizontales y verticales que ya están definidas en la carretera actual.

- Elementos estructurales de las carrileras de concreto

- Pavimento: es la estructura que descansa sobre la subrasante o terreno de fundación, conformada por las diferentes capas de subbase, base y carpeta de rodadura. Una carrilera de concreto hidráulico, es un pavimento rígido, sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito trabajando a compresión.

Tiene como objetivo distribuir las cargas unitarias del tránsito sobre el suelo para disminuir su esfuerzo, proporcionando una

superficie de rodadura suave para los vehículos y que proteja al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia y durabilidad.

- Subrasante: es la superficie del suelo que sostiene la estructura del pavimento y el empedrado estucado. Su función es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada. Dependiendo de sus características puede soportar directamente la capa de rodadura de un pavimento rígido o de un empedrado o la combinación de ambas.
- Materiales Inadecuados para subrasante. Son materiales inadecuados para la construcción de la subrasante, los siguientes:
 - Los clasificados en el grupo A-8, AASHTO M 145, que son suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación está basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0.075 mm (No. 200), del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia. Además, basura o impurezas que puedan ser perjudiciales para la cimentación de la estructura del pavimento.
 - Las rocas aisladas, mayores de 100 milímetros, que se encuentran incorporadas en los 300 milímetros superiores de la capa de suelo de subrasante.

- Materiales adecuados para subrasante
 - Son suelos de preferencia granulares con menos de 3 por ciento de hinchamiento, de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193 (CBR) que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentren en el tramo o sección que se esté reacondicionando y que, además, no sean inadecuados para subrasante de acuerdo a lo indicado en esta sección.

Tabla XLII. **Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado**

Propiedades del material	Requisitos
Tamaño máximo de partícula	7,5 cm
Límite líquido	No mayor del 50 %
C.B.R.	5 % Mínimo
Expansión	5 % Máximo
Compactación	95 % Mínimo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XLIII. **Categorías de subrasante**

C.B.R.	Categorías de subrasante
0 % – 3 %	Subrasante inadecuada
3 % – 6 %	Subrasante pobre
6 % – 10 %	Subrasante regular
10 % – 20 %	Subrasante buena
20 % – 30 %	Subrasante muy buena
> 30 %	Subrasante excelente

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Las muestras de suelo para ensayo deben extraerse por lo menos cincuenta centímetros de profundidad para calles y carreteras, los suelos que no cumplan con estas condiciones, deberán ser sustituidos por un material adecuado o bien ser estabilizados.

- Subbase: es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar. Para la elaboración de la subbase los materiales deberán ser uniformemente distribuidos, mezclados, humedecidos, conformados y compactados de acuerdo con estas especificaciones, de modo que el espesor de la misma no sea menor del indicado.

Todos los materiales que se utilicen para subbase deberán estar libres de materiales vegetales, tierra negra, terrones de arcilla, entre otros. La máxima dimensión de cualquier partícula contenida en el material, y que no sea posible desintegrar con el equipo de conformación o de compactación, no deberá ser mayor de $\frac{1}{4}$ del espesor especificado de la subbase.

El material de subbase, humedecido y conformado, deberá ser compactado inmediatamente después con el equipo adecuado, para el tipo de material o con el que apruebe la municipalidad, hasta alcanzar una densidad seca no menor al 95 % de la densidad seca máxima obtenida en el laboratorio con el método AASHTO T 180 (AASHTO modificado).

La subbase puede tener un espesor compactado variable por tramos, según lo indicado en los planos, lo establecido en las disposiciones especiales

o lo ordenado por el delegado residente con autorización previa del Ingeniero de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros.

3.6. Diseño de carrileras de concreto

Se toma como base el diseño de un pavimento de concreto ya que éste tiene el mismo funcionamiento, con la única diferencia que en este caso se combina con un empedrado estucado.

- **Espesor del pavimento**

Tomando en cuenta el estudio de suelos y otros factores de orden económico, se selecciona el tipo de pavimento rígido, y subbase a utilizar. El espesor del pavimento se determina por los siguientes factores de diseño:

- Resistencia a flexión del concreto, módulo de ruptura MR.
- Resistencia de la subrasante, o combinación de subrasante y subbase (K).
- Las cargas, frecuencia y tipo de carga por eje del vehículo que soportará el pavimento.
- Período de diseño, el cual usualmente es de 20 años.

- **Módulo de ruptura**

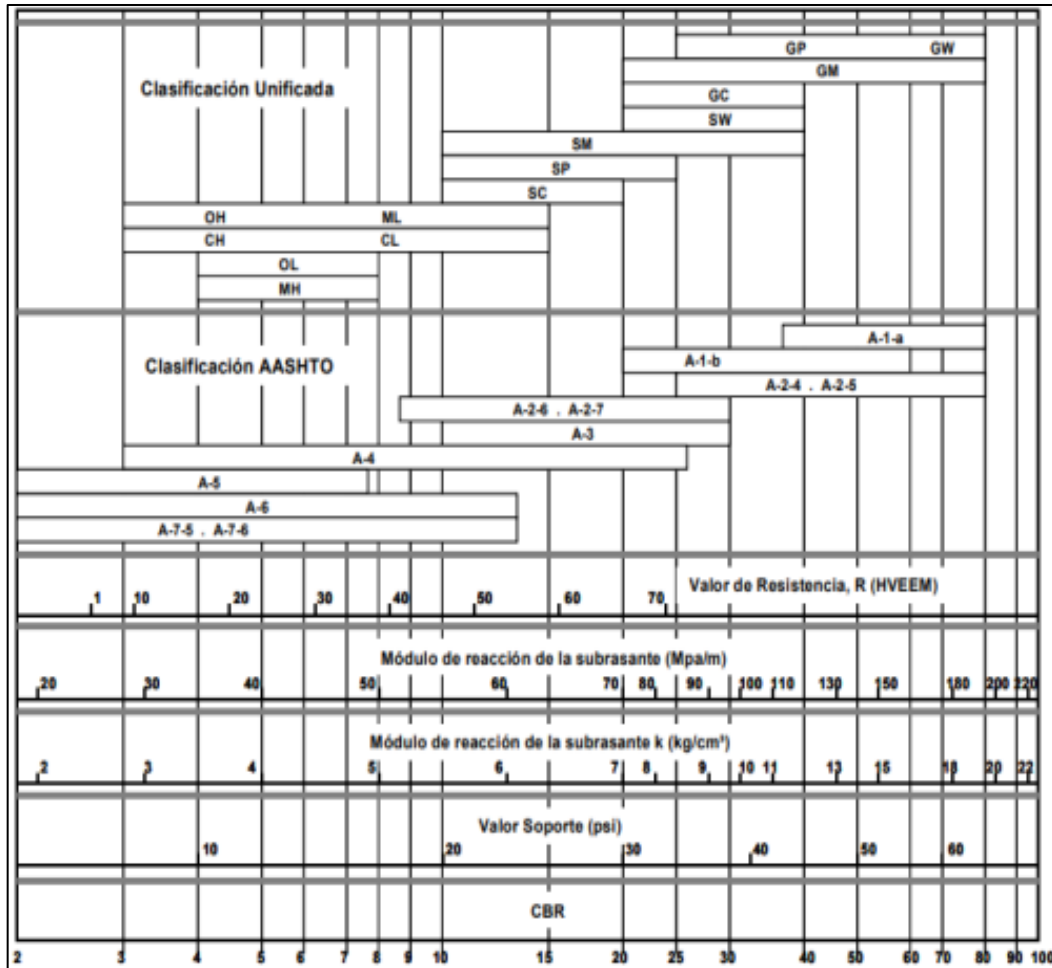
Las consideraciones sobre la resistencia a la flexión del concreto son aplicables en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga, el cual controla el agrietamiento del pavimento bajo cargas de camión repetitivas. La

flexión de un pavimento de concreto bajo cargas de eje produce tanto esfuerzo de flexión como de compresión. Sin embargo, la relación de esfuerzos compresivos de resistencia a la compresión es bastante pequeña como para influenciar el diseño del espesor de la losa. Generalmente se utiliza el resultado de este ensayo a los 28 días. En este caso, se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, el cual es del 15 % f'_c ; el f'_c tiene un valor de 4 000 psi, por lo que se tiene un módulo de ruptura es de 600 PSI.

- Soporte de la subrasante

Este valor está definido por el módulo Westergard de reacción de la subrasante. Este es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada entre la deflexión, en pulgadas, para dicha carga. Dado que la prueba de carga de plato es larga y costosa, este valor, usualmente se calcula por correlación simple, como el CBR o la prueba del valor K. Puesto que las variaciones de valor no afectan considerablemente el espesor del pavimento no es necesaria su determinación exacta.

Figura 34. Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos



Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 5.

La siguiente tabla muestra los valores aproximados de K para cuatro tipos de suelo:

Tabla XLIV. **Tipos de suelo de apoyo y sus valores aproximados**

Tipo de suelo	Soporte	Rango de valores de K (lb/pulg ³)
Suelos de grano fino, en los cuales el tamaño de las partículas de limo y arcilla predominan.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla.	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 – 220
Subbases tratadas con cemento.	Muy alto	250 – 400

Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 149.

Del estudio de suelos se tiene que el valor del CBR es de 61.03 %, se determinó el valor de $K = 578 \text{ lb/pulg}^3$, el cual se obtiene a través de la figura 34 y según lo clasificado en la tabla XLIV, es un apoyo muy alto.

- Período de diseño

El período de diseño para una carretera varía dependiendo, generalmente, de aspectos económicos. Un período muy largo podría incrementar los costos, a tal punto que sea mejor, económicamente, construir otro dispositivo durante este período; así se invertiría menos en dos dispositivos cuyos periodos de diseño sumen el período del primer dispositivo. Para las carrileras se adoptó un período de diseño de 20 años.

- Cálculo de pavimento rígido

La Portland Cement Association (en adelante PCA, por sus siglas en inglés) describe los métodos de diseño de pavimentos rígidos: El tránsito es el factor más importante en la determinación del diseño del espesor de un pavimento, es el número y peso de la carga por eje que pasará sobre él.

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos. Se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones. Puede ser expresado como un porcentaje de TPD o un valor aparte.

- Procedimientos para el diseño de pavimentos rígidos

- Procedimiento de diseño con posibilidades de obtener datos de carga de eje: este método se utiliza cuando se pueden determinar las cargas de eje que soportará el pavimento.
- Procedimiento simplificado de diseño: se utiliza cuando no se conoce realmente el tránsito que podría tener y la carga específica que tendrá que soportar por eje, se pueden utilizar las tablas basadas en distribución compuesta de tránsito clasificado en diferentes categorías de carreteras y calles. Se eligió este método por no contar con datos del tránsito de la carretera en estudio, y su conteo sería demasiado oneroso para la institución a servir. Su uso es el siguiente:

- Se define la categoría de la carretera, a través de la siguiente tabla:

Tabla XLV. **Categorías de cargas por eje**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje (kips)	
		TPD	%	TPDC	Sencillo	Tándem
1	Calles residenciales, Caminos rurales y secundarios (bajo a medio)	200 - 800	1 - 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, Caminos rurales y secundarios (altos), Arterias principales y caminos principales (bajos).	700 - 5,000	5 - 18	40 - 1,000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio) Viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas y rurales (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 (medio a alto)	3,000 - 20,000 en 2 carriles, 3,000 - 150,000 en 4 carriles o más	8 - 30	1,500 - 8,000	34	60

Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 148.

Se selecciona la categoría 1, debido a que es una carretera rural.

- Se determina el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones (TPDC), no incluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas; siendo un pueblo dedicado exclusivamente a la agricultura el tránsito de camiones podría incrementarse considerablemente al mejorar sus

ingresos, que es lo que se espera a partir de la construcción de este proyecto. Se tomó un rango de TPD de 200 a 800 vehículos y un TPDC de 25 vehículos pesados en ambas direcciones.

- Se determina el valor de K (módulo de reacción), que para este caso es de 578 lbs/pulg³.
- Se determina el espesor de la base, para este caso será de 0,10 metros.
- Se determina el nuevo valor de K (módulo de reacción) para diseño sobre bases granulares, a través de la siguiente tabla:

Tabla XLVI. **Valores de K para diseño sobre bases granulares**

Valor de K de subrasante (lb/ pulg ³)	Valor de K de la base (lb/ pulg ³)			
	10 cm	15 cm	22,5 cm	30 cm
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430
400	420	430	470	540
500	520	530	570	650
600	620	630	670	760
700	720	730	770	870
800	820	830	870	970

Fuente: WESTERGAARD H. N. *Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto*. p. 14

Como en la tabla no aparece un valor exacto para $K = 578 \text{ lbs/pulg}^3$, el nuevo valor de K se debe calcular mediante una interpolación, con la siguiente ecuación:

$$Y = Y_1 + \left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) (Y_2 - Y_1)$$

Donde:

$$X = 578$$

$$X_1 = 500$$

$$X_2 = 600$$

$$Y_1 = 520$$

$$Y_2 = 620$$

$$Y = 520 + \left(\frac{578 - 500}{600 - 500} \right) (620 - 520)$$

$$Y = 598 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^3}$$

Ahora el nuevo valor de $K = 598 \text{ lbs/pulg}^3$.

- Se determina el período de diseño, que para este caso será de 20 años.
- Se determina el módulo de ruptura, el cual será igual al 15 % del f'_c que es de 4000 PSI, se determinó un MR igual a 600 PSI.
- Determinar el espesor de la losa de concreto a través de la tabla XLVII, tomando en cuenta que las carrileras de concreto actúan como si estuvieran sin bordillos u hombros.

Tabla XLVII. **Módulo de ruptura para diseño de pavimento**

MR	Espesor de losa en pulgadas	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte subrasante - subbase				Espesor de losa en pulgadas	Con hombros de concreto o bordillo Soporte subrasante - subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
600 PSI	8	1300	1900							
	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
550 PSI	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
550 PSI	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	2200			7.5	1100			
	9	2400								

Fuente: SALAZAR, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 150.

Se determinó un espesor de 6,5 pulgadas = 0,16 metros, tomando en cuenta un MR = 600 PSI, un tipo de soporte subrasante-subbase muy alto, un TPDC = 25 y una base de material selecto con un espesor de 0.10 metros como se indica en planos y especificaciones técnicas.

- Materiales para la fabricación del concreto
 - Cementos hidráulicos

En Guatemala se comercializan los cementos hidráulicos asignándoles una clase de resistencia de 21, 28, 35 y 42 MPa (3000, 4000, 5000 y 6000 lb/pulg²), que corresponde a una resistencia mínima a 28 días en morteros de

elementos normalizados AASHTO T 106, ASTM C 109 y COGUANOR NG 41003.h10. Todos deberán tener una clase de resistencia de 28 MPa (4000 lb/pulg²) o mayor, para la elaboración de las carrileras de concreto de dichas carreteras. Para los renglones complementarios se podrá utilizar otro tipo de cemento dependiendo de lo indicado en planos o especificaciones técnicas del proyecto.

- Agregado fino

Consiste en arena natural o de trituración, compuesta de partículas duras y durables de acuerdo a AASHTO M 6, Clase B, incluyendo el requisito suplementario de reactividad potencial del agregado, excepto lo siguiente: no se aplicará el ensayo de congelamiento y deshielo alternados; y se asume que en el ensayo de desintegración al sulfato de sodio la pérdida de masa será no mayor del 15 %, después de cinco ciclos conforme AASHTO T 104. Las cantidades de sustancias perjudiciales permisibles serán las establecidas para Clase B y cuando el caso lo amerite, serán fijados en las disposiciones especiales. El módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 en la graduación del agregado.

La graduación del agregado debe estar dentro de los límites de la tabla XLVIII.

Tabla XLVIII. **Graduación de los agregados**

TAMICES AASHTO M 92		PORCENTAJE EN MASA QUE PASA
9,500 mm	3/8"	100
4,750 mm	No. 4	95 – 100
2,360 mm	No. 8	80 – 100
1,180 mm	16	50 – 85
0,600 mm	30	25 – 60
0,300 mm	50	10 – 30
0,150 mm	100	2 – 10
0,075 mm	200	0 – 5

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. Guatemala; DGC 2001. p. 551-3.*

- Agregado grueso

Debe consistir en grava o piedra triturada, procesada adecuadamente para formar un agregado clasificado que cumpla con los requisitos de AASHTO M-80 y ASTM C 33. Con la excepción de que no se aplicara el ensayo de congelamiento y deshielo alternos, y que el ensayo de desintegración al sulfato de sodio y pérdida de peso no sea mayor del 15 % después de cinco ciclos conforme AASHTO T-104 o ASTM C 88.

Además, el porcentaje de desgaste no debe ser mayor de 50 % después de 500 revoluciones en el ensayo de abrasión (Los Ángeles), AASHTO T-96 o ASTM C 131 y ASTM C 535. El porcentaje de partículas desmenuzables no debe exceder del 5 % en masa, el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0.25 % en masa. El agregado grueso a utilizar va a ser de 3/4" debido a que es bastante resistente al desgaste, y por esto es utilizado en pavimentos rígidos.

- Agua

El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados, debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. El agua de mar o aguas salobres y de pantanos no debe usarse para concreto reforzado.

El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable puede usarse sin ensayos previos. Donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse en forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.

- Aditivos

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

- Determinación del asentamiento

Tanto la manejabilidad o trabajabilidad como la consistencia del concreto recién mezclado se debe determinar en el campo y en el laboratorio por medio de ensayos de asentamiento (o revenimiento), efectuados de acuerdo con las Normas AASHTO T 119, ASTM C 1433 o COGUANOR NTG 41017h4. Cuando en los planos y/o en las disposiciones especiales no se haya establecido valores para el asentamiento, el delegado residente debe fijarlos dentro de 3 como mínimo a 7.5 cm como máximo.

Tabla XLIX. **Asentamientos recomendados para concretos vibrados en diversos tipos de construcción**

Tipo de Estructura	Asentamiento máximo		Asentamiento mínimo	
	mm	pulg	mm	pulg
Muros de cimentación y cimientos de concreto reforzado	75	3	25	1
Estribos, pilas y otras subestructuras	75	3	25	1
Vigas, columnas, muros de concreto reforzado y secciones delgadas reforzadas	100	4	25	1
Tubos de concreto reforzado	75	3	25	1
Losas de pavimentos	75	3	25	1
Concreto masivo	50	2	25	1

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. Guatemala; DGC 2001. p. 551-32.*

3.7. Diseño de empedrado

Es la base que está conformada por piedras labradas o no labradas, unidas con mortero o estuque.

- Descripción

Este trabajo consiste en el transporte, suministro, elaboración, manejo, almacenamiento y colocación de los materiales de construcción. También se incluye aquí, todas las operaciones necesarias para la correcta construcción de empedrados estucados. Las cotas del empedrado, las dimensiones, tipos y formas de la piedra, deben ser las indicadas en los planos, y en especificaciones técnicas.

- Materiales

- Piedra

La piedra puede ser canto rodado o material de cantera labrado o no labrado. La piedra debe ser dura, sana, libre de grietas u otros defectos que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie. Las superficies de las piedras deben estar exentas de tierra, arcilla o cualquier materia extraña, que pueda obstaculizar la perfecta adherencia del mortero. Las piedras pueden ser de forma cualquiera y sus dimensiones pueden variar entre 100 mm y 150mm, para el empedrado en general.

Las piedras deben ser de materiales que tengan un peso mínimo de 1,390 kg/m³. La guía longitudinal (cimbra), estará colocada a lo largo de la calle y tendrá un diámetro mínimo de 4 pulgadas y un máximo de 8 pulgadas.

- Estuque

El mortero debe estar formado por cemento hidráulico, por agregado fino, cal hidratada, en proporciones de (1:4:1).

El agregado fino debe cumplir con los requisitos de la norma AASHTO M 45 (ASTM C 144), debiendo ser su graduación la siguiente:

Tabla L. **Graduación de material fino para usar en estuque de empedrado**

Tamaño de tamiz	Porcentaje que pasa el tamiz	
	Arena de peña	Arena de trituración
4,75 mm (No. 4)	100	100
2,36 mm (No. 8)	95 – 100	95 – 100
0,150 mm (No. 100)	25 – 15	10 – 25
0,075 mm (No. 200)	–	0 – 10

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Requisitos de construcción
 - Preparación y colocación de la piedra

Las superficies de las piedras deben humedecerse antes de colocarlas, para quitar la tierra, arcilla o cualquier materia extraña. Deben ser rechazadas las piedras cuyos defectos no se pueden remover por medio de agua y cepillo. Las piedras limpias deben irse colocando cuidadosamente tratando de formar hiladas regulares. La separación entre piedras no debe ser menor de 15 mm ni mayores de 30 mm. Se deben colocar las piedras tratando que la superficie quede de una manera uniforme y que queden en un plano horizontal.

Las piedras deben manipularse de forma que no golpeen a las que ya están colocadas para que no alteren su posición. Después de haber colocado el estuque no se debe golpear las piedras. Si una piedra se afloja después de que

el mortero haya alcanzado el fraguado inicial, se debe remover la piedra y el mortero alrededor y colocarla de nuevo.

- Elaboración y colocación del mortero

El mortero debe prepararse en la proporción y con los materiales indicados anteriormente; con agua limpia, libre de sales perjudiciales al cemento y en cantidad necesaria para formar un mortero de tal consistencia, que sea manejable y que pueda extenderse fácilmente en las superficies de las uniones. El cemento, la cal hidratada y agregado fino, se deben mezclar en seco, hasta que la mezcla tenga un color uniforme; después se agregará el agua. El mortero debe prepararse en cantidades necesarias para uso inmediato, siendo 30 minutos el máximo tiempo para emplearlo y en ningún caso, se debe permitir el retemple del mortero.

3.8. Diseño geométrico de carreteras

- Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad en la mayor longitud de carretera que sea posible. En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad controla la distancia de visibilidad. En el trazado en planta de un tramo se podrá observar las rectas y curvas.

PI = Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.

PC = Principio de curva.

PT = Principio de tangente.

O = Centro de la curva.

Δ = Ángulo de deflexión de la tangente.

G = Grado de curvatura.

R = Radio.

St = Subtangente.

E = External.

M = Ordenada media.

CM = Cuerda máxima.

LC = Longitud de curva.

- Fórmulas a trabajar

$$R = \frac{1145,92}{G}$$

$$LC = \frac{20 * \Delta}{G}$$

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$E = R * \left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1\right)$$

$$CM = 2 * R * \sen\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Para el cálculo de elementos de una curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los valores de delta (Δ) y el grado de curvatura (G) que será determinado por el diseñador. Con el grado de curvatura (G) y los valores de delta (Δ) se calculan los elementos de la curva.

- Ejemplo de tramo

El tramo a utilizar para el ejemplo es la curva No. 1, con los siguientes datos:

$$R = 102,68$$

$$G = 11^{\circ}9'38''$$

$$\Delta = 8^{\circ}22'36''$$

- Longitud de curva (LC)

$$LC = \frac{20 * 8^{\circ}22'36''}{11^{\circ}9'38''}$$

$$LC = 15,01 \text{ m}$$

- Subtangente (St)

$$St = 102,68 * \tan\left(\frac{8^{\circ}22'36''}{2}\right)$$

$$St = 7,52 \text{ m}$$

- External (E)

$$E = 102,68 * \left(\sec \left(\frac{8^{\circ}22'36''}{2} \right) - 1 \right)$$

$$E = 0,27 \text{ m}$$

- Cuerda máxima (CM)

$$CM = 2 * 102,68 * \sen \left(\frac{8^{\circ}22'36''}{2} \right)$$

$$CM = 15,00 \text{ m}$$

Para el cálculo de las demás curvas horizontales se sigue el mismo procedimiento.

- Alineamiento vertical

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. Aparte de la topografía del terreno, también la determinan las características del alineamiento horizontal, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes. El alineamiento está formado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la subrasante.

- Curvas verticales

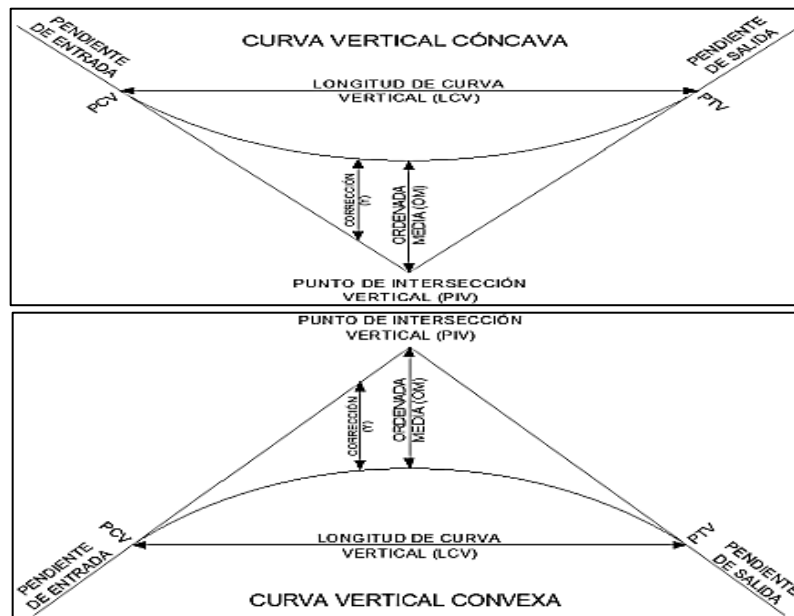
Las curvas verticales deben cumplir determinados requisitos de servicio, como: la apariencia para que el cambio de pendiente sea gradual y no produzca molestias al conductor del vehículo, permitiendo un cambio suave entre pendientes diferentes.

La finalidad de una curva vertical es proporcionar comodidad en el cambio de una pendiente a otra, las curvas pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, entre otras. La que se utiliza en el departamento de carreteras de la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptabilidad a las condiciones topográficas que existen en nuestro país.

- Trazo de curvas verticales

Las curvas verticales se obtienen de la parte de la altimetría del terreno. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas. En la curva vertical cóncava la parábola abre hacia arriba y en la curva vertical convexa la parábola abre hacia abajo.

Figura 36. Tipos de curvas verticales



Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD 2018.

PCV = Principio de curva vertical
 PEN = Pendiente positiva o negativa
 PTV = Principio de tangente vertical
 PIV = Punto de intersección vertical
 LCV = Longitud de curva vertical

Tabla LI. **Valores de k según tipo de curva**

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

Fuente: VALLADARES, Jorge. *Guía teórico práctica del curso de vías terrestres 1*. p. 34.

3.9. Estructuras de drenaje

- Cunetas

Las cunetas son canales abiertos ubicados paralelamente a uno o ambos lados de la carretera, su función consiste en evacuar el agua de lluvia que cae

en las secciones de corte de la carretera y pueden ser de diferentes formas y dimensiones.

Para el diseño de las cunetas, se utilizará el método racional para determinar el caudal que conducirán, mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

A = área de aportación en hectáreas

I = intensidad de lluvia en mm/hora

C = coeficiente de escorrentía

La intensidad de lluvia la proporciona el INSIVUMEH, según la región de estudio. Para la determinación del caudal de diseño, se tienen los siguientes datos:

C = 0,30

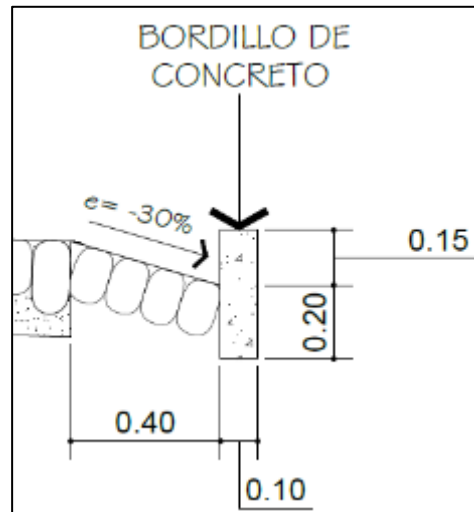
I = 143,46 mm/hora

A = 0,13 hectáreas

$$Q = \frac{(0,30) \left(143,46 \frac{mm}{hora}\right) (0,13 \text{ hectáreas})}{360}$$

$$Q = 0,02 \frac{m^3}{s}$$

Figura 37. Sección propuesta de cuneta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Ahora se procede a determinar el caudal de la cuneta, con la ecuación de Manning:

$$Q = \left(\frac{A}{n}\right) \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = caudal en m^3/s

A = área de la sección transversal ocupada por el agua en m^2

n = coeficiente de rugosidad de Manning

P = perímetro mojado en m

S = pendiente de la cuneta

Para la determinación del caudal, se tienen los siguientes datos:

Altura (h) = 0,11 m

Talud interior (z) = 3:1

$$A = \left(\frac{1}{2}\right) (3)(0,11)^2 = 0,018 \text{ m}^2$$

$$P = 0,11 + (0,11)(1 + (3)^2)^{\frac{1}{2}} = 0,46 \text{ m}$$

A = 0,018 m²

P = 0,46 m

S = 0,065

n = 0,015 para concreto revestido

$$Q = \left(\frac{0,018}{0,015}\right) \left(\frac{0,018}{0,46}\right)^{\frac{2}{3}} (0,065)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0,035 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El caudal de la cuneta es mayor que el caudal de diseño, por lo tanto, las dimensiones de la cuneta son adecuadas para conducir el caudal de diseño.

- Drenaje transversal

Es la estructura que requiere una carretera, diseñada para que cumpla la función de recepción, canalización y evacuación de las aguas pluviales provenientes de las cunetas y conducir las de un costado a otro de la vía, para evitar que el agua produzca daños en la carretera. Los drenajes transversales

cuentan con una caja recolectora que recibe el agua y que se conduce a través de la tubería hacia el otro lado de la carretera, donde se ubica un muro cabezal de salida cuya función es evitar la erosión de la estructura de la vía.

El procedimiento para el diseño de un drenaje transversal es el mismo que se utiliza para el diseño de las cunetas, lo que varía es la sección transversal, ya que generalmente el drenaje transversal es circular. Se utilizará el método racional para determinar el caudal, mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

A = área de aportación en hectáreas

I = intensidad de lluvia en mm/hora

C = coeficiente de escorrentía

La intensidad de lluvia la proporciona el INSIVUMEH, según la región de estudio. Para la determinación del caudal de diseño, se tienen los siguientes datos:

C = 0,30

I = 143,46 mm/hora

A = 0,26 hectáreas

$$Q = \frac{(0,30) \left(143,46 \frac{mm}{hora} \right) (0,26 \text{ hectáreas})}{360}$$

$$Q = 0,031 \frac{m^3}{s}$$

Para determinar el diámetro de la tubería necesario para desfogar el caudal, se utiliza la fórmula de Manning, despejando el diámetro en función de las otras variables:

$$Q = \left(\frac{A}{n}\right) \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$R = \frac{D}{4} = \frac{A}{P}$$

$$Q = \left(\frac{A}{n}\right) \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}}$$

El diámetro en función de las demás variables queda de la siguiente forma:

$$D = \left(\frac{Q * 4^{\frac{5}{3}} * n}{\pi * S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

D = diámetro de la tubería en m

Q = caudal en m³/s

S = pendiente de la tubería

n = coeficiente de rugosidad de Manning

Para la determinación del diámetro, se tienen los siguientes datos:

Q = 0,031 m³/s

S = 0,03

n = 0,015 para concreto revestido

$$D = \left(\frac{0,031 * 4^{\frac{5}{3}} * 0,015}{\pi * (0,03)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$D = 0,17 \text{ m}$

Se determinó que con una tubería de 8 pulgadas de diámetro puede drenarse el agua, sin embargo, para evitar obstrucciones en la tubería que pueden producirse por la acumulación de basura, tierra y hojas de árboles entre otros, se utilizará tubería con diámetro de 24”.

3.10. Programa de mantenimiento

Es la aplicación de mecanismos o técnicas, que contribuyan a mantener en buenas condiciones físicas y de funcionamiento la carretera, con el propósito de alcanzar la duración esperada de acuerdo a la vida útil para la que fue diseñada. Tomando en cuenta que deben hacerse visitas periódicas por parte de las autoridades de la aldea, ya que la responsabilidad de mantener en buenas condiciones el proyecto estará a cargo de los habitantes de la comunidad.

3.11. Presupuesto del proyecto

En la siguiente tabla, se describe el presupuesto de trabajo para el proyecto de carrileras de concreto en la aldea Chicajalaj, se detalla la cantidad, la unidad de medida, el precio unitario y el total de los materiales. Se utilizó un treinta y cinco por ciento para el cálculo de los costos indirectos.

Tabla LII. **Presupuesto empedrado con carrileras de concreto**

DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ COMITANCILLO SAN MARCOS					
PRESUPUESTO INTEGRADO					
No,	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Subtotal
1	Trazo y replanteo	2,994	KM	Q 18 150,95	Q 54 343,95
2	Conformación de sub-rasante	2,994	KM	Q 106 375,13	Q 318 487,14
3	BASE GRANULAR (t = 10 cm)	2,994	KM	Q 324 832,01	Q 972 547,04
4	Bordillo	2,994	KM	Q 293 640,93	Q 879 160,94
5	Carrileras de concreto	2,994	KM	Q 981 575,23	Q 2 938 836,23
6	Empedrado + estuque	2,994	KM	Q 490 679,80	Q 1 469 095,33
7	Cuneta revestida	2,994	KM	Q 85 428,81	Q 255 773,86
8	Drenaje transversal	6,00	Unidad	Q 11 901,14	Q 71 406,83
9	Llave de confinamiento	42,00	ML	Q 332,30	Q 13 956,79
10	Limpieza final	1,00	Unidad	Q 15 151,87	Q 15 151,87
11	Medidas de mitigación ambiental	1000,00	Unidad	Q 5,97	Q 5 968,39
Costo total del proyecto					Q 6 994 728,37
El presupuesto asciende a una cantidad de: Seis millones novecientos noventa y cuatro mil setecientos veintiocho quetzales con 37/100,					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.12. Cronograma de ejecución

A continuación, se describe el cronograma de ejecución, donde se detallan las actividades y su tiempo de duración, para la construcción del proyecto.

Tabla LIII. Cronograma físico y financiero

No.	Descripción	TIEMPO DE EJECUCIÓN								Subtotal (Q)	
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8		
1	Trazo y replanteo	■									54 343,95
2	Conformación de sub-rasante	■	■								318 487,14
3	Base granular (t = 10 cm)		■	■							972 547,04
4	Bordillo			■							879 160,94
5	Carrileras de concreto			■	■						2 938 836,23
6	Empedrado + estuque				■	■		■			1 489 095,33
7	Cuneta revestida				■			■			255 773,86
8	Drenaje transversal		■	■			■	■			71 406,83
9	Llave de confinamiento		■			■					13 956,79
10	Limpieza final		■				■				15 151,87
11	Medidas de mitigación ambiental				■						5 988,39
Costo total del proyecto (Q)										6 984 728,37	
Inversión mensual	20 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	20 %		
Inversión acumulada	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	100 %			
Inversión mensual en dinero	1 398 945,67	699 472,84	699 472,84	699 472,84	699 472,84	699 472,84	699 472,84	699 472,84	1 398 945,67		
Inversión acumulada en dinero	1 398 945,67	2 098 418,51	2 797 891,35	3 497 364,18	4 196 837,02	4 896 309,86	5 595 782,70	6 294 728,37			
El presupuesto asciende a una cantidad de: seis millones novecientos noventa y cuatro mil setecientos veintiocho quetzales con 37/100.											

Fuente: elaboración propia empleando Project.

3.13. Evaluación ambiental

Para la evaluación del impacto ambiental, se utilizó la herramienta AGRIP la cual es empleada por SEGEPLAN para los proyectos de inversión pública.

Tabla LIV. Evaluación del impacto ambiental

Análisis de gestión del riesgo en proyectos de inversión pública				
Nombre del proyecto		Mejoramiento camino rural, aldea Chicajalaj		
Unidad ejecutora		Municipalidad de comitancillo		
Región	Vi	Coordenadas	Latitud	15°05'19" n
			Longitud	91°44'09" w
Departamento		San marcos		
Municipio		Comitancillo		
Amenazas		Nivel de la relación intensidad y frecuencia de las amenazas en el sitio del proyecto	Efectos probables a la exposición del sitio del proyecto y según amenaza evaluada	Recomendaciones
Geológicas	Sismicidad (terremoto)	Alta	<ul style="list-style-type: none"> > muy fuerte a destructivo emm (vii-ix). > daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. > grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. > edificios desplazados fuera de las bases. 	<p>A nivel nacional se recomienda consultar:</p> <ul style="list-style-type: none"> > normativa nse-2-2018 (modificada 2020) de agies, con el objetivo de calcular y según el índice de sismicidad del sitio, el diseño de acuerdo a la ordenada espectral de período corto y la ordenada espectral con período de 1 segundo. > normativa nse-2.1-18 (modificada 2020), de agies relacionada a los estudios geotécnicos. > normativa nse-1, 2018 (modificada 2020) de agies, relacionada a generalidades, administración de las normas y supervisión técnica. > así como las demás normas nse de agies relacionadas al diseño de los proyectos.
	Volcánica	No identificada	--	--
	Deslizamiento/ Derrumbes	Baja	<ul style="list-style-type: none"> > se considera que no habrá daños significativos por esta amenaza y/o son de baja intensidad. 	<ul style="list-style-type: none"> > en todos los casos se recomienda la utilización de la normativa nse-2.1-18 (modificada 2020), de agies específicamente Consultar: capítulo 4 (caracterización geotécnica del subsuelo); capítulo 5 (cimentación); capítulo 7 (estabilidad de laderas y taludes). > en todos los casos se recomienda la utilización de la normativa nse-2-2018 de agies, capítulo 10 (condiciones de terreno).
Hidrometeorológicas	Vientos fuertes	Baja	<ul style="list-style-type: none"> > probabilidad de daños leves. 	<ul style="list-style-type: none"> > se recomienda observar las recomendaciones de la normativa nse-2-18 de agies, relacionadas a la amenaza; especificadas en el capítulo 5 (acciones del viento).
	Huracanes	Baja	<ul style="list-style-type: none"> > sin daños en las estructuras de los edificios. > daños básicamente en arbustos y árboles. > inundaciones en zonas costeras. > casas de madera podrían sufrir daños. 	<ul style="list-style-type: none"> > observar las recomendaciones de la norma nse-2-2018 (modificada 2020) de agies, capítulo no. 5. Relacionadas al viento y capítulo no. 10, relacionado a condiciones de terreno, el subcapítulo 10.2.5 que se refiere a zonas inundables y erosionables. > así como las demás normas nse de agies, relacionadas al diseño de los proyectos.

Continuación de la tabla LIV.

	Inundaciones	Baja	> probabilidad de daños no significativos.	> en todos los casos se recomienda el uso de la normativa nse-2-2018 (diseño estructural de edificaciones); especificado en el capítulo 10 (condiciones del terreno). > se recomienda utilizar la normativa nse-2.1-18 (modificada 2020), de agies (estudios geotécnicos), especialmente el capítulo 4 (caracterización geotécnica del subsuelo).
--	---------------------	-------------	--	--

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con la investigación monográfica realizada, se priorizó el diseño de dos proyectos, uno de infraestructura educativa en el caserío Loma Linda y el otro de infraestructura vial en la aldea Chicajalaj, aplicando los conocimientos teóricos y criterios para dar solución a las necesidades identificadas en ambas comunidades del municipio de Comitancillo.
2. La educación es indispensable para el desarrollo de una sociedad, especialmente en las áreas rurales que en su mayoría no cuenta con infraestructura adecuada para que sus habitantes accedan a ella, tal es el caso del caserío Loma Linda, por lo tanto, se diseñó un centro educativo que cumpla con los requerimientos estructurales establecidos en las normas AGIES y ACI, asimismo la estructura cumple con los criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos.
3. Las carreteras tienen una importancia crucial en la economía y la vida cotidiana de las personas de una comunidad, ya que permiten el intercambio comercial con otras comunidades y el acceso a los servicios esenciales como salud y educación, el diseño del empedrado con carrileras de concreto de la aldea Chicajalaj, se realizó con la finalidad de mejorar las condiciones del camino rural y que la población pueda transportarse en una vía más segura, eficiente y menos vulnerable a peligros naturales, además de fortalecer el comercio y el crecimiento económico de la comunidad. Dicho diseño fue hecho de acuerdo con el

método simplificado del PCA y las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar materiales que cumplan con los requerimientos descritos en los planos, en la ejecución de los proyectos, se deben, para que las estructuras sean construidas de acuerdo a las especificaciones de diseño, además de realizar las pruebas de laboratorio que correspondan.
2. Contratar personal calificado al momento de la ejecución de los proyectos, que supervise y verifique que la construcción cumpla con todo lo requerido en los planos y así evitar equivocaciones que puedan ser perjudiciales en el futuro.
3. Actualizar los precios de los materiales descritos en los presupuestos previos a la ejecución de los proyectos, ya que estos pueden aumentar o disminuir debido a la variabilidad de la economía.
4. Fomentar en los habitantes de las comunidades la importancia del mantenimiento de los proyectos, para que puedan realizarlo y así lograr la conservación de las estructuras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010.
2. BRAVO, Gerson. *ampliación y mejoramiento de camino de acceso a la aldea Santo Domingo y Diseño del drenaje sanitario para el caserío Nueva Jerusalem, Aldea San Rafael Sacatepéquez, Departamento De San Marcos*. Universidad de San Carlos De Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, 196 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. 5ª ed. México: 2001. Editorial Limusa. p. 652.
4. Comité ACI 318 American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318SUS-14) y comentarios (ACI 318SUS-14)*. Estados Unidos: ACI, 2014.
5. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Ingenieros Consultores de Guatemala, 2000.
6. GALDÁMEZ, Jorge. *Diseño Del Instituto Nacional De Educación Básica De Dos Niveles Para El Cantón Altos De San Gabriel Y Puente*

Vehicular Para La Aldea San Antonio Chimulbua, San Gabriel, Suchitepéquez Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. 413 p.

7. GÓMEZ, Ferlandy. *Diseño del edificio escolar de dos niveles para el caserío Sacchim y puente vehicular para la aldea Pueblo Viejo, San Sebastián Huehuetenango, Huehuetenango*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. 378 p.
8. GoogleMaps. *Caserío Loma Linda*. [en línea] <<https://earth.google.com/web/search/15.126659,-91.763929/@15.12651834,-91.76243906,2542.69756844a,1315.09708038d,35y,8.40999593h,0t,0r/data=CigiJgokCQ4CAsaYOy5AEdYF-tvQLC5AGUz4tX9b7lbAIVBnH1B38FbA.>> [Consulta: 2 de febrero de 2022].
9. INE, 2018. *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*. [en línea] <<https://www.censopoblacion.gt/censo2018/hogar.php>> [Consulta: 3 de marzo de 2022].
10. JUÁREZ, Ronald. *Diseño del Sistema de drenaje sanitario de la aldea Santa Rita, y diseño de empedrado con carrileras de concreto de las comunidades San Ramón y Siete Tambores, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. 178 p.

11. Manual de Suelos. Geología, Geotecnia y Pavimentos de Perú. 2ª ed. Perú: 2014. Servicios Gráficos Squadrito EIRL. 281 p.
12. Ministerio de Educación. *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. Guatemala, 2016.
13. Normas ANSI. *Diseño de estructuras de concreto con referencia del Instituto Nacional de Normas Americanas ANSI*. http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion_ansi-aisc_360-10_para_construcciones_de_acero.pdf. [Consulta: 11 de febrero de 2022].
14. WESTERGAARD H. N. *Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto*. [en línea] <https://www.google.com/search?sxsrf=ALiCzsbbP_6R6HmeiG4E2YKKNMWkGzWmtQ:1654197508142&source=univ&tbm=isch&q=Westergaard+H.+N.+Comportamiento+de+esfuerzos+en+>> [Consulta: 6 de marzo de 2022].

APÉNDICES

Apéndice 1. **Juego de planos de la escuela**

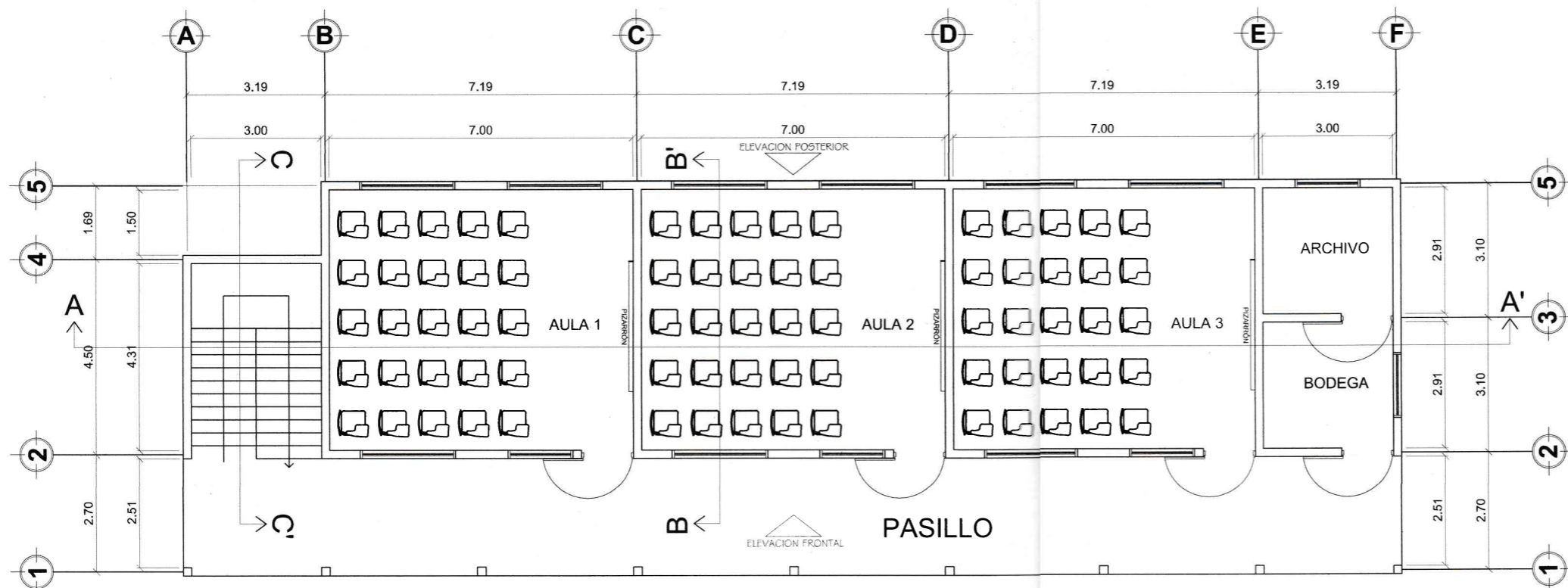
- Planta arquitectónica
- Elevaciones
- Secciones
- Planta acotada
- Planta de cimentación y columnas
- Planta de acabados
- Detalle de muros, cimentación y columnas
- Planta de losas
- Detalle de vigas y gradas
- Planta de instalación eléctrica, iluminación
- Planta de instalación eléctrica, fuerza

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

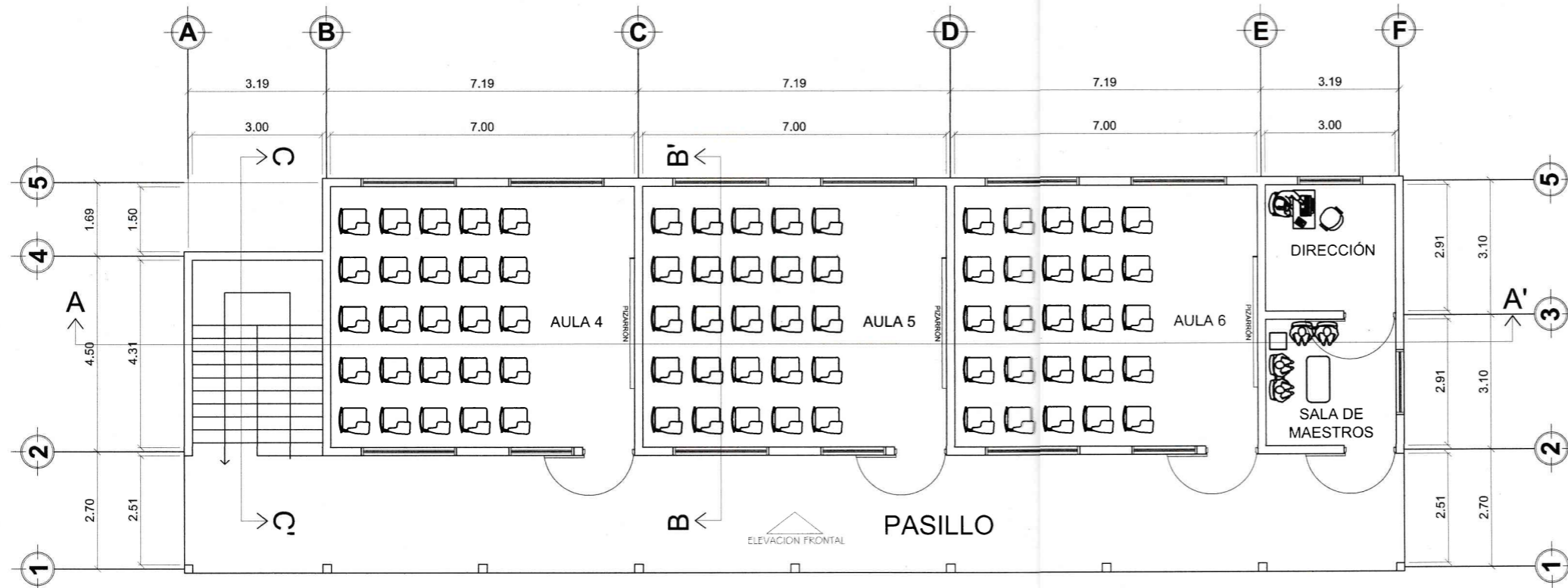
Apéndice 2. **Juego de planos del empedrado con carrileras de concreto**

- Planta general
- Planta perfil
- Secciones transversales
- Detalle de empedrado, cuneta y drenaje transversal.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.



PLANTA ARQUITECTONICA
PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/125



PLANTA ARQUITECTONICA
SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/125

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
- $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):
- VIGAS: 2.5 cm.
- COLUMNAS: 2.5 cm.
- LOSAS: 2.5 cm.
- CEMENTO CORRIDO: 7.5 cm.
- ZAFATA: 7.5 cm.

EL DOBLIZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0.19 m X 0.19 m X 0.39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

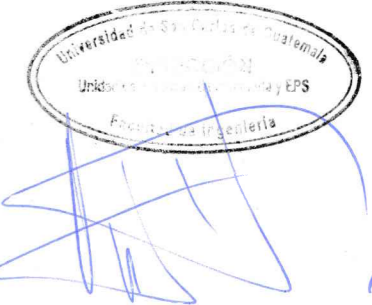
EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCÁLIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DAÑINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.50.

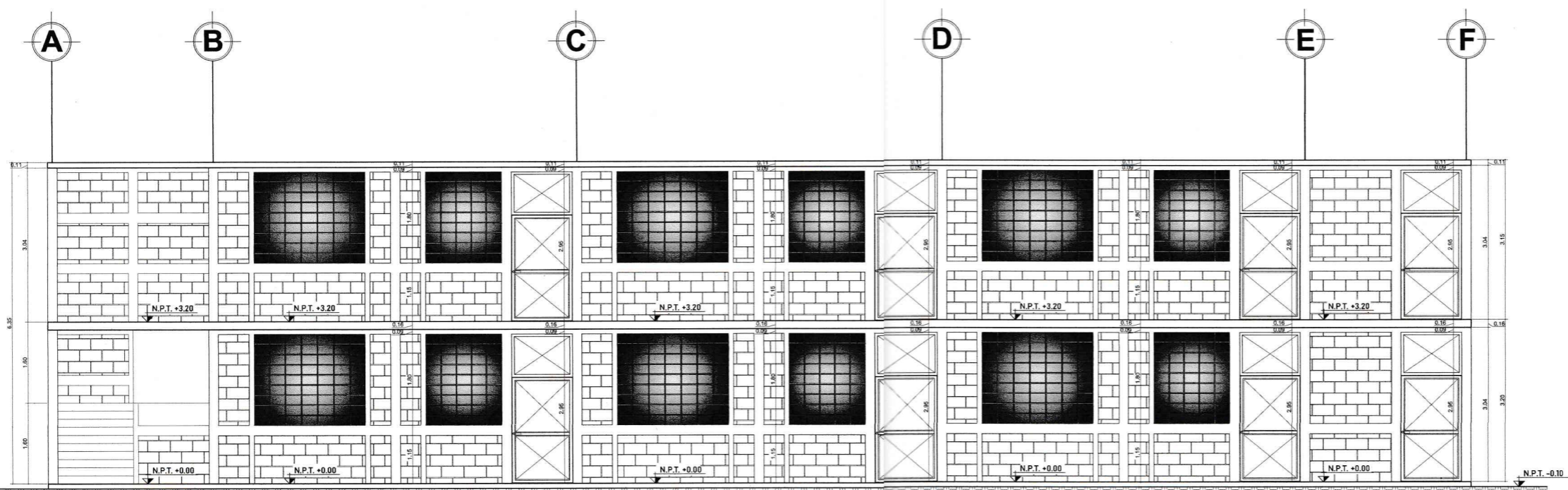
CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS.

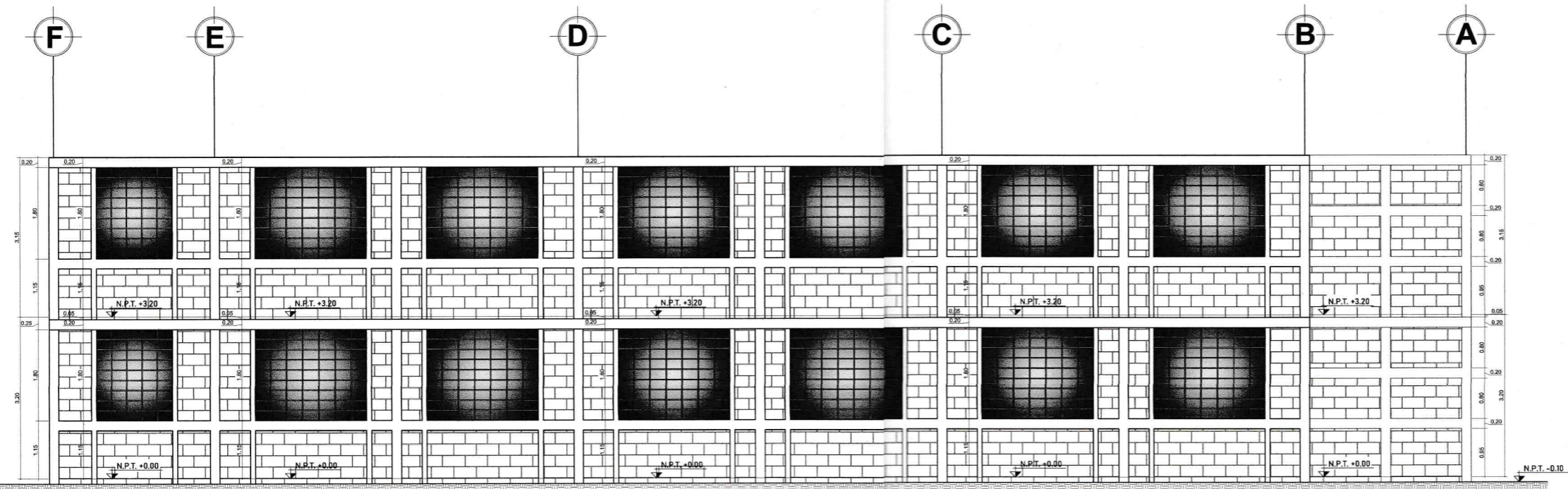
LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE E. P. S.	
PROYECTO: DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.	
CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTÓNICA	ESCALA: INDICADA
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
Vc. Bo.	HOJA: 1 DE 11
f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	



ELEVACION FRONTAL
 ESCALA: 1/100



ELEVACION POSTERIOR
 ESCALA: 1/100

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
 $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):
 - VIGAS: 2.5 cm.
 - COLUMNAS: 2.5 cm.
 - LOSAS: 2.5 cm.
 - CIMENTO CORRIDO: 7.5 cm.
 - ZAFATA: 7.5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0.19 m X 0.19 m X 0.39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

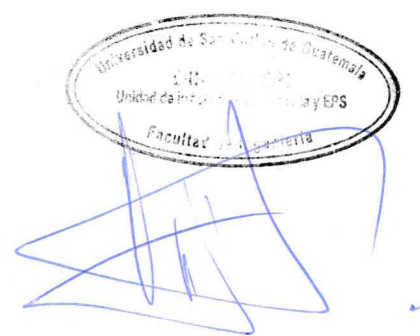
EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCÁLISIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DAÑINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.50.

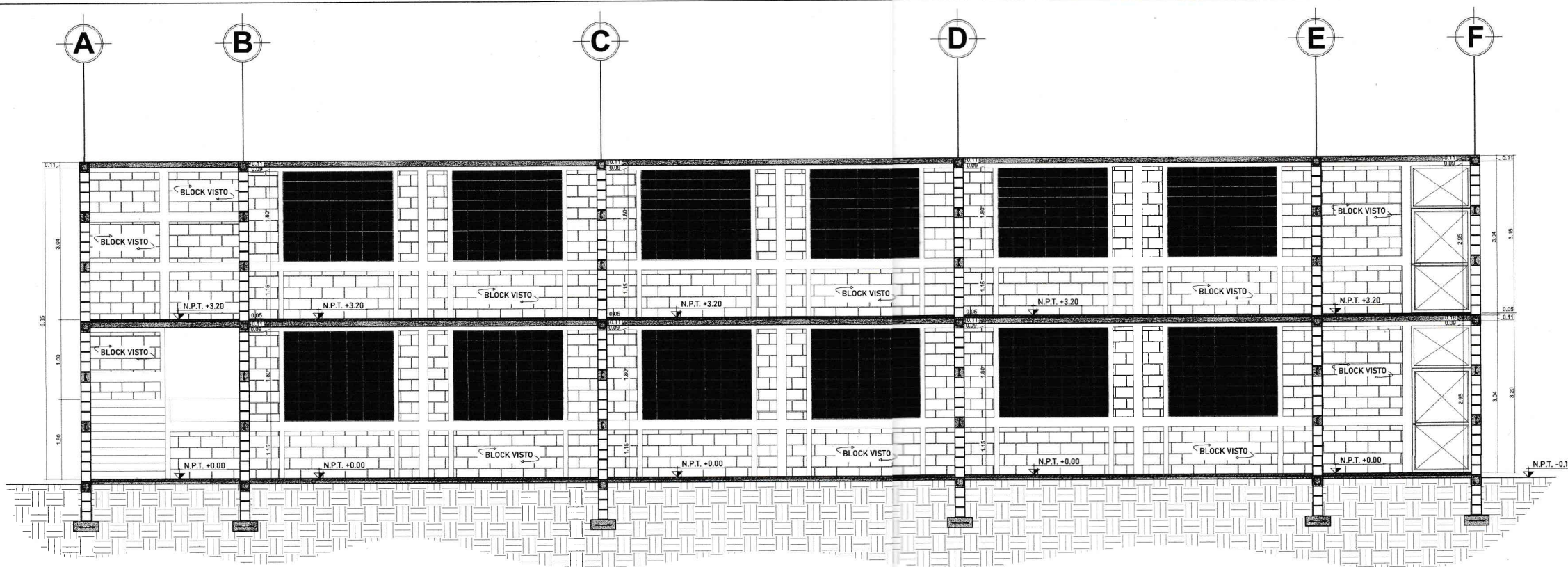
CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS.

LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE E. P. S.			
PROYECTO: DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.			
CONTENIDO: ELEVACIÓN FRONTAL Y POSTERIOR		ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
Vo. Bo.			HOJA: 2 DE 11
f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ			



SECCION A - A'
ESCALA: 1/100

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
- $f_y = 2510 \text{ kg/cm}^2$.

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):
- VIGAS: 2.5 cm.
- COLUMNAS: 2.5 cm.
- LOSAS: 2.5 cm.
- CIMENTO CORRIDO: 7.5 cm.
- ZAPATA: 7.5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0,19 m X 0,19 m X 0,39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0,75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

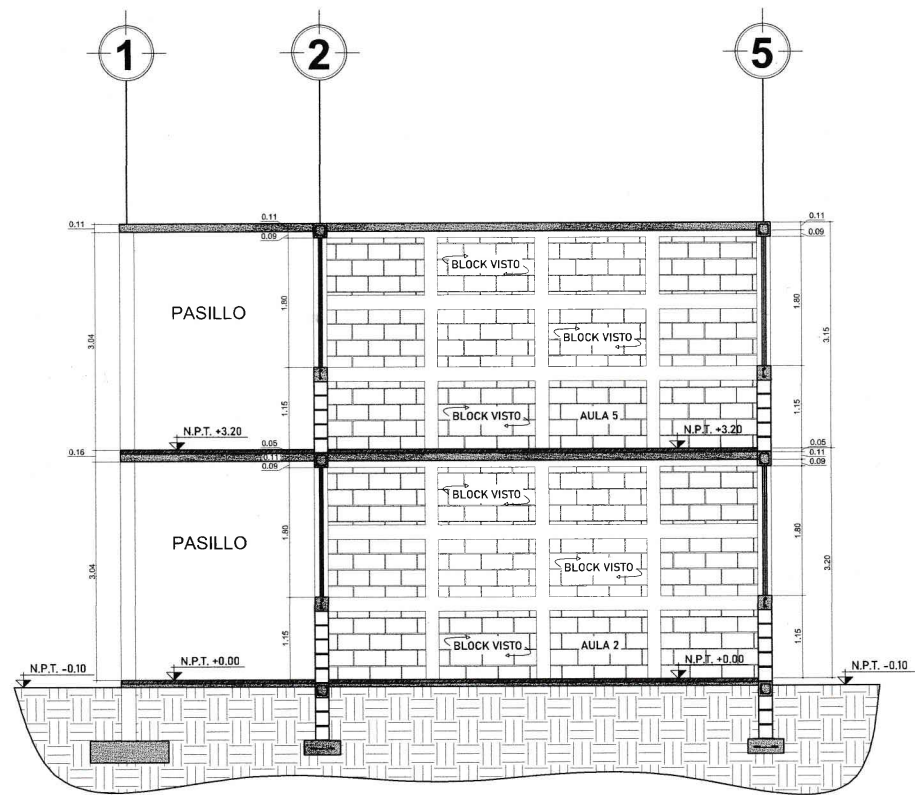
EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCALISIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DANINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0,50.

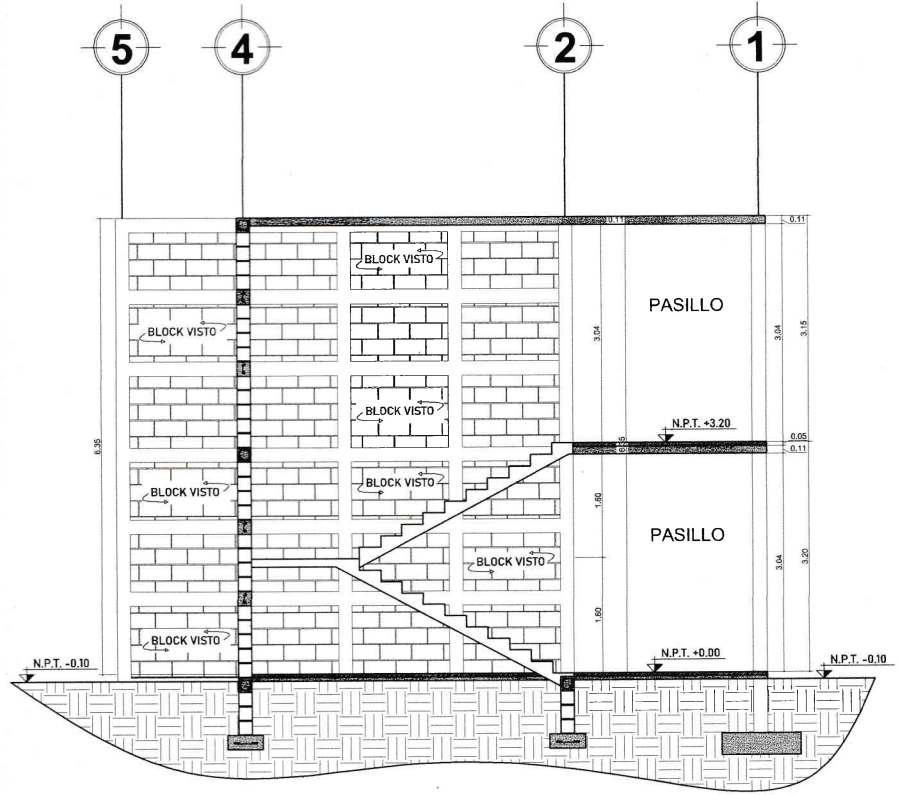
CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS.

LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.



SECCION B - B'
ESCALA: 1/100

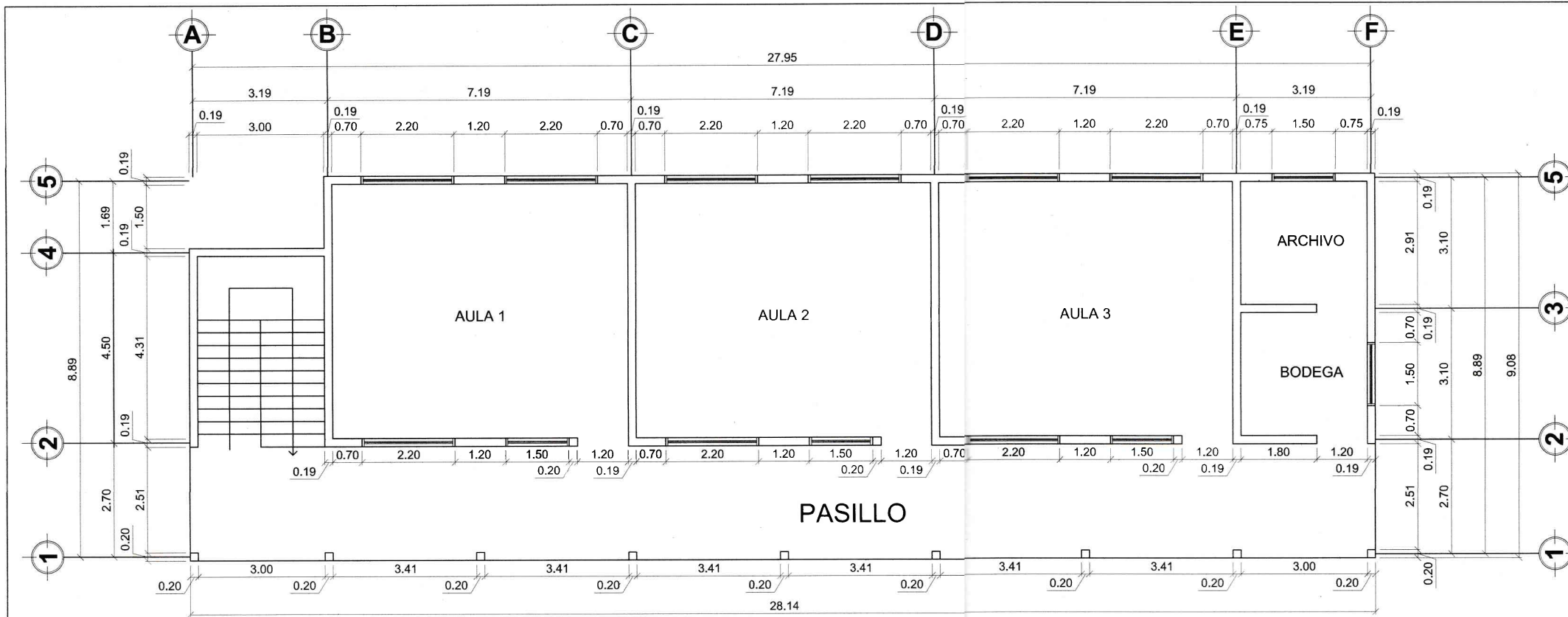


SECCION C - C'
ESCALA: 1/100

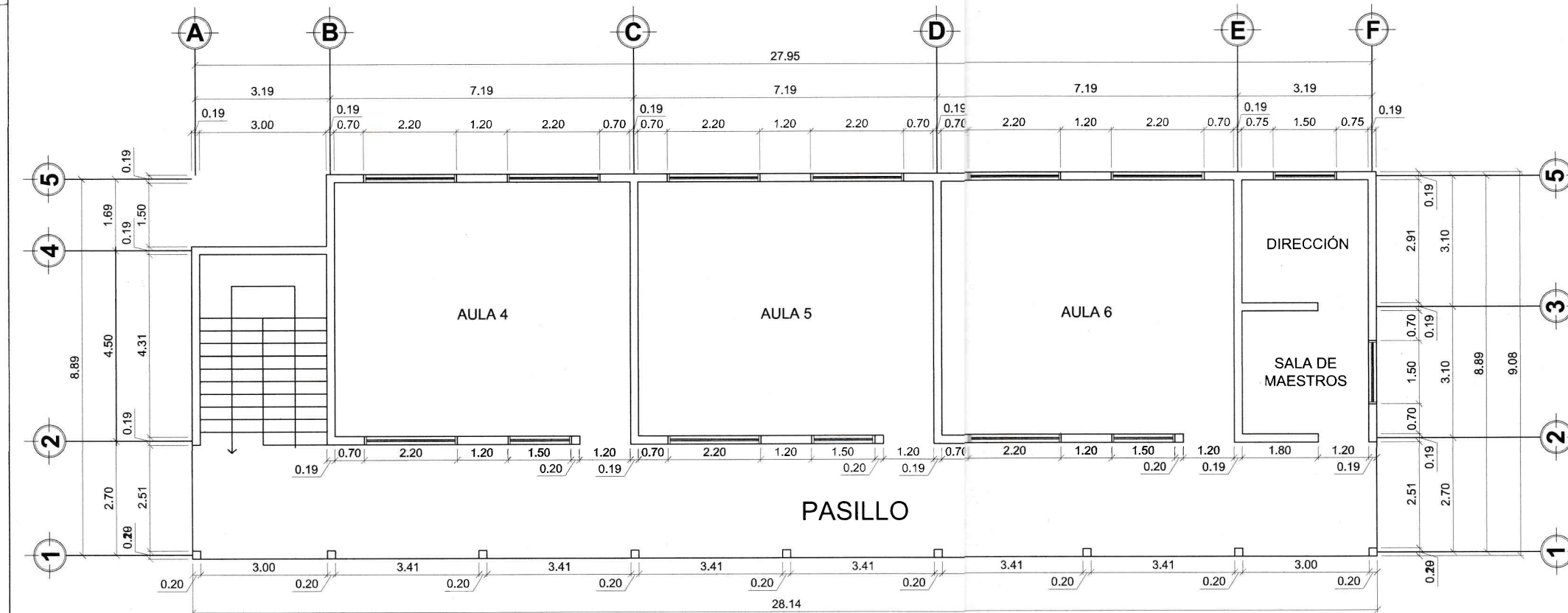


[Handwritten signature in blue ink]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE E. P. S.			
PROYECTO: DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.			
CONTENIDO: SECCIONES		ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ Vo. Bo.	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ			HOJA: 3 DE 11



PLANTA ACOTADA
PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/125



PLANTA ACOTADA
SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/125

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
- $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):

- VIGAS: 2.5 cm.
- COLUMNAS: 2.5 cm.
- LOSAS: 2.5 cm.
- CIMENTO CORRIDO: 7.5 cm.
- ZAPATA: 7.5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0.19 m X 0.19 m X 0.39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCÁLISIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DAÑINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.50.

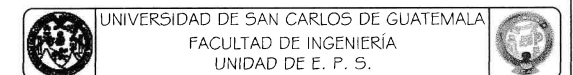
CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS.

LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.



[Handwritten signature in blue ink]



PROYECTO:
DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

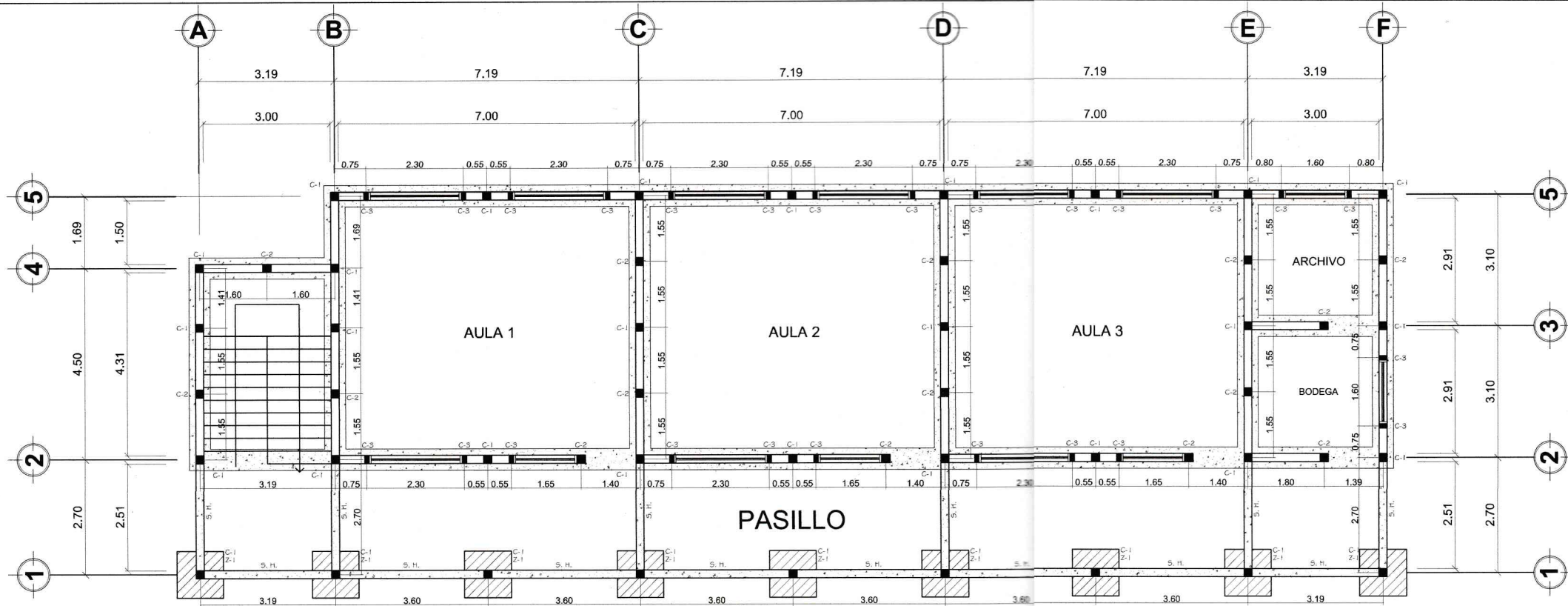
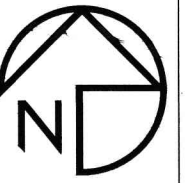
CONTENIDO:
PLANTA ACOTADA

ESCALA:
INDICADA

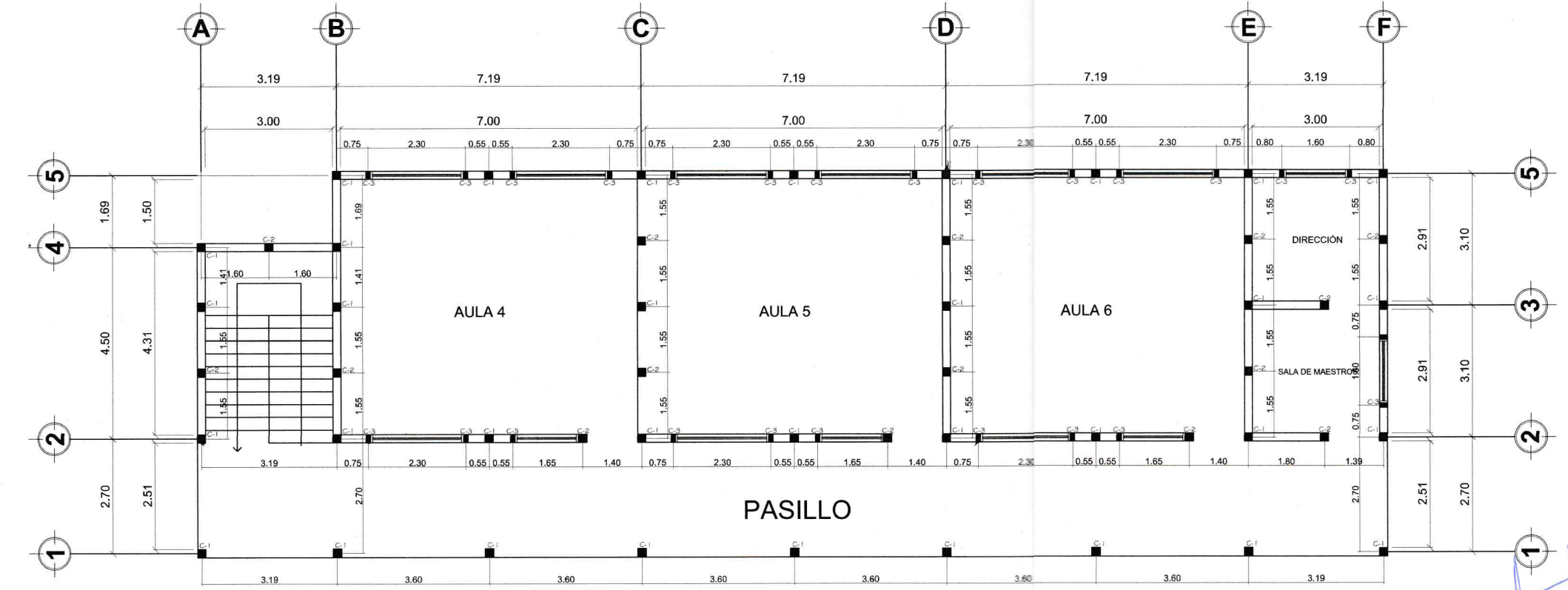
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
FECHA: OCTUBRE 2022

Vo. Bo. HOJA: 4 DE 11

ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ



PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS
PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/125



PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS
SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/125

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
- $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):
- VIGAS: 2.5 cm.
- COLUMNAS: 2.5 cm.
- LOSAS: 2.5 cm.
- CIMENTO CORRIDO: 7.5 cm.
- ZAFATA: 7.5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0.19 m X 0.19 m X 0.39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCALISIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DAÑINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.50.

CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS.

LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.

SIMBOLOGÍA

TIPO	DIMENSIÓN	UNIDADES	REFUERZO	ESTRIBOS
C-1	0.20 m X 0.20 m	34	4 No. 5 + 4 No. 4	Estribos No. 3 @ 0.20 m
C-2	0.20 m X 0.20 m	15	4 No. 5	Estribos No. 3 @ 0.20 m
C-3	0.10 m X 0.20 m	25	2 No. 4	Estribos No. 3 @ 0.20 m

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

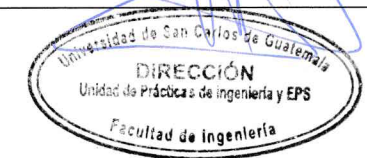
PROYECTO:
DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

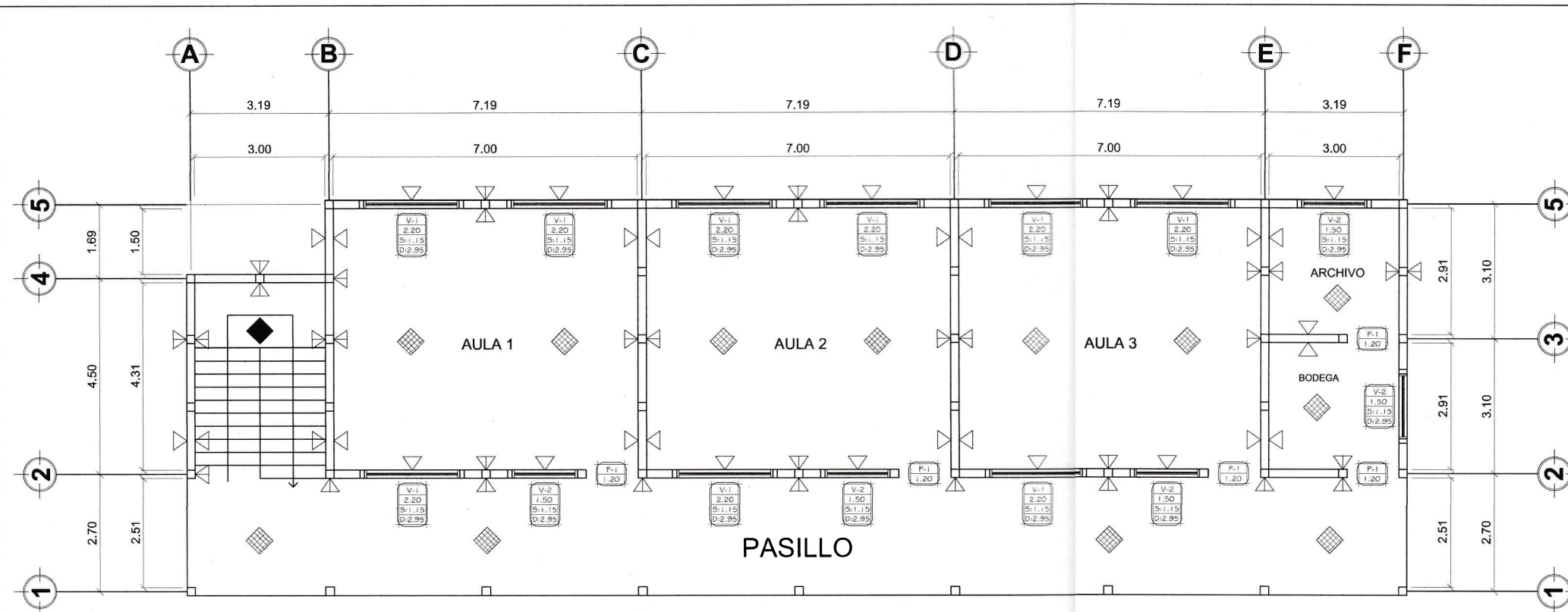
CONTENIDO:
PLANTA DE CIMENTACIÓN Y COLUMNAS

ESCALA:
INDICADA

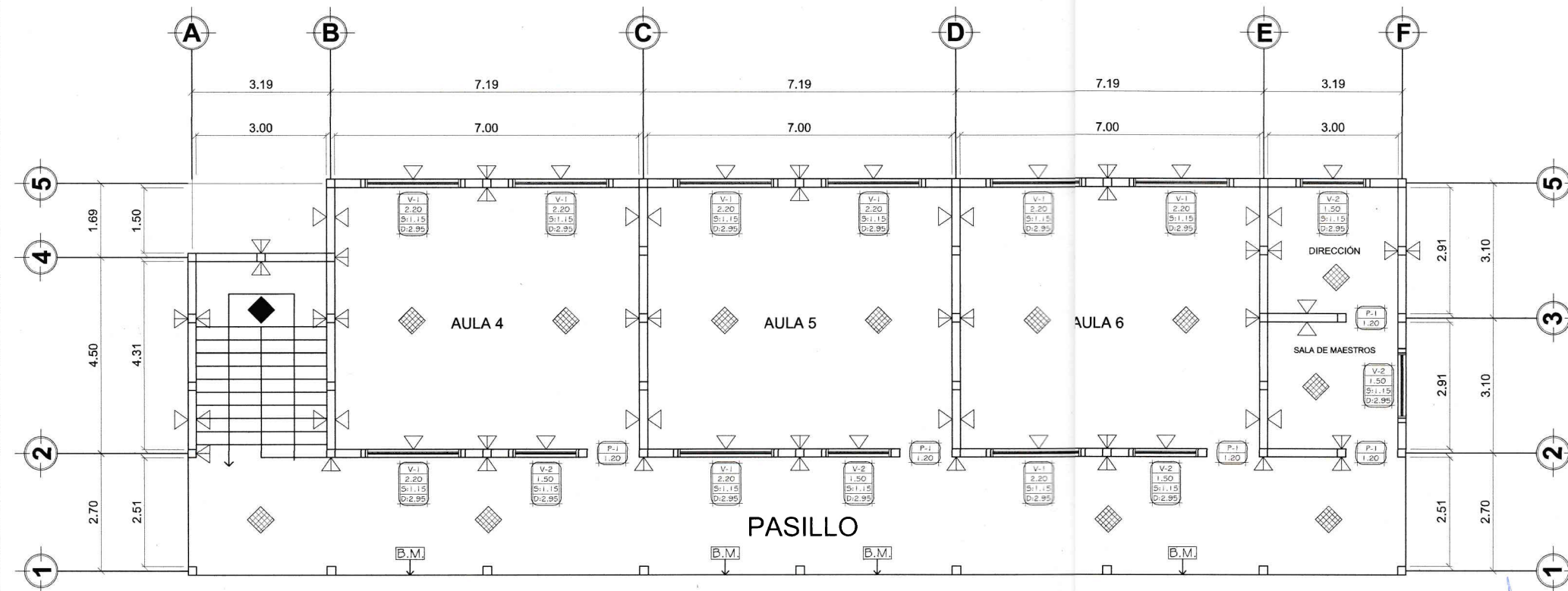
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
FECHA: OCTUBRE 2022

Vo. Bo. HOJA: 5 DE 11
f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ





PLANTA DE ACABADOS
 PRIMER NIVEL ESCALA: 1/125



PLANTA DE ACABADOS
 SEGUNDO NIVEL ESCALA: 1/125

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
 $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

RECUBRIMIENTOS (ACI318-14):
 - VIGAS: 2.5 cm.
 - COLUMNAS: 2.5 cm.
 - LOSAS: 2.5 cm.
 - CIMENTADO CORRIDO: 7.5 cm.
 - ZAPATA: 7.5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0.19 m X 0.19 m X 0.39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCÁLISIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DAÑINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.50.

CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS.

LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.

NOMENCLATURA DE ACABADOS	
	INDICA MURO DE BLOCK VISTO
	TALLADO + CERNIDO GRIS
	INDICA PISO DE GRANITO BLANCO
	INDICA PISO CERNIDO DE TORTA DE CONCRETO
	INDICA BARANDA METÁLICA

PLANILLA DE PUERTAS						
TIPO	DINTEL	ANCHO	ALTO	UNIDAD	MTS ²	OBSERVACIONES
P-1	2.95	1.20	2.95	10	3.54	METAL + PINTURA

PLANILLA DE VENTANAS							
TIPO	SILLAR	DINTEL	ANCHO	ALTO	MTS ²	UNIDAD	OBSERVACIONES
V-1	1.15	2.95	2.20	1.80	3.96	18	METAL + PINTURA
V-2	1.15	2.95	1.50	1.80	2.70	10	+ VIDRIO DE 4 mm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE E. P. S.

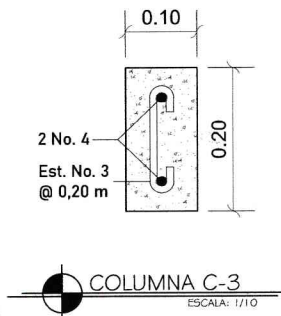
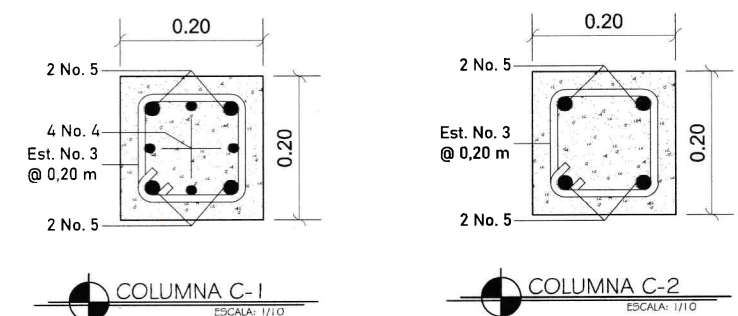
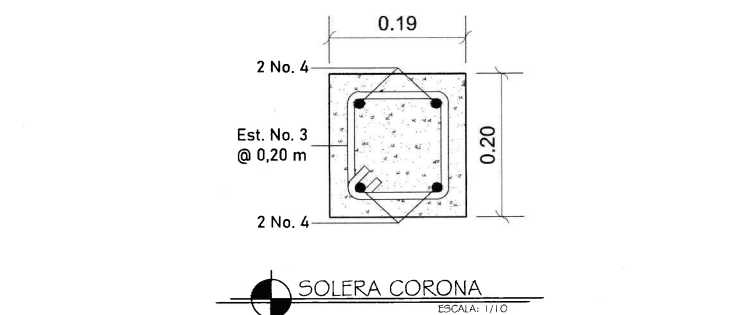
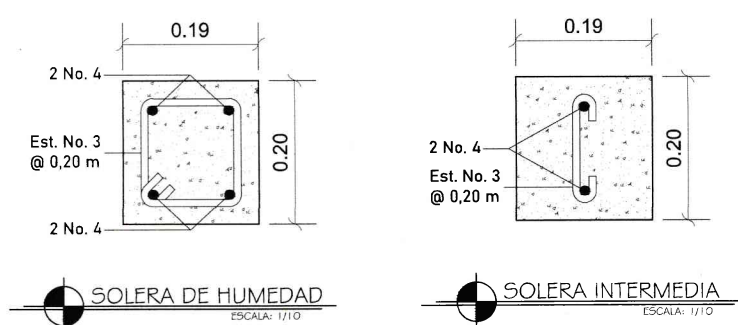
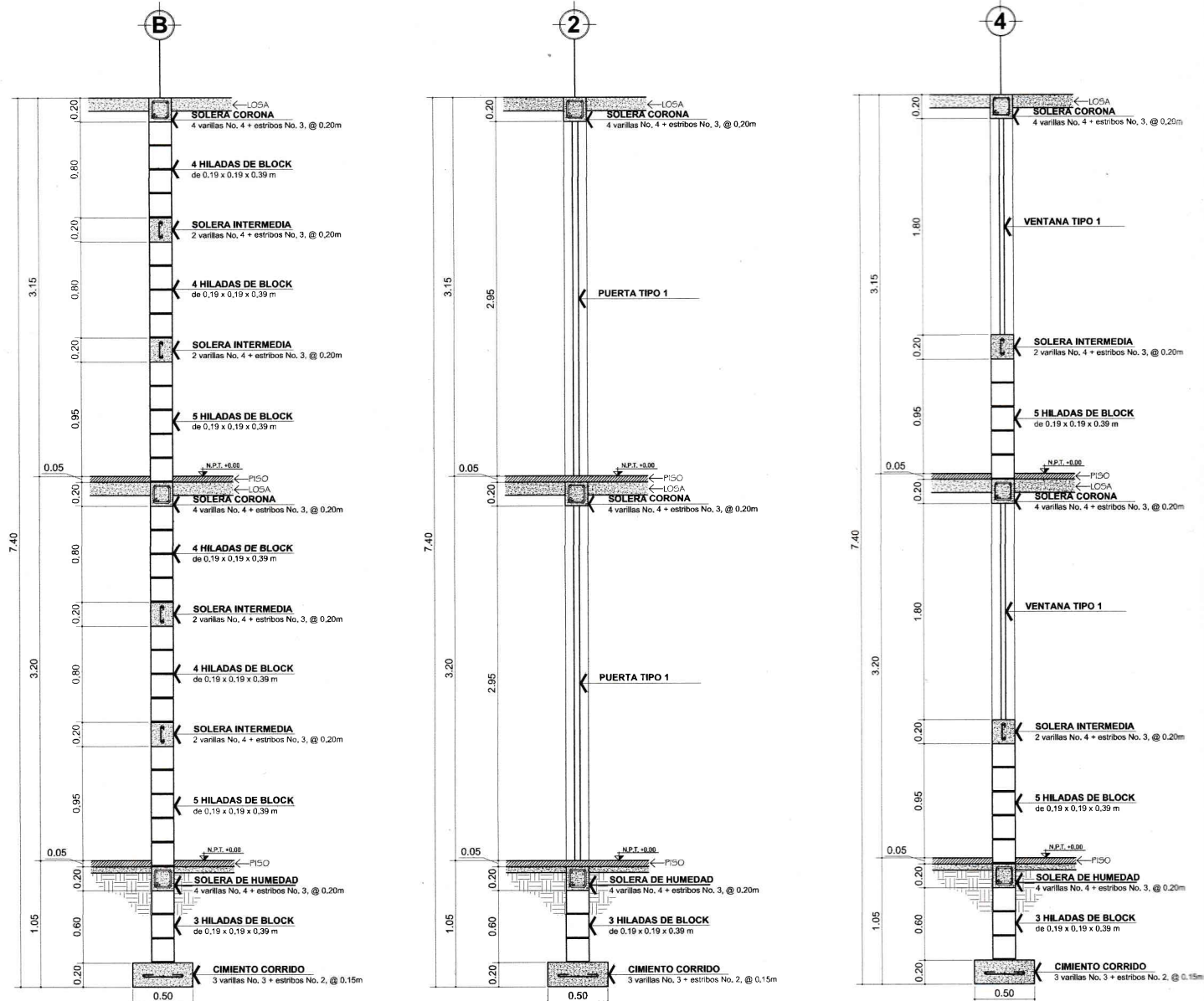
PROYECTO:
 DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO:
 PLANTA DE ACABADOS ESCALA: INDICADA

DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
Vo. Bo.			HOJA: 6 DE 11

i) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

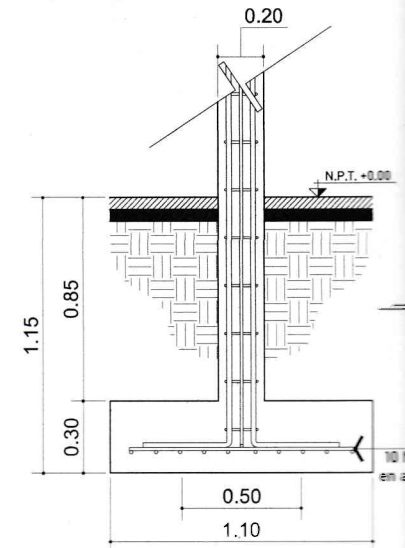
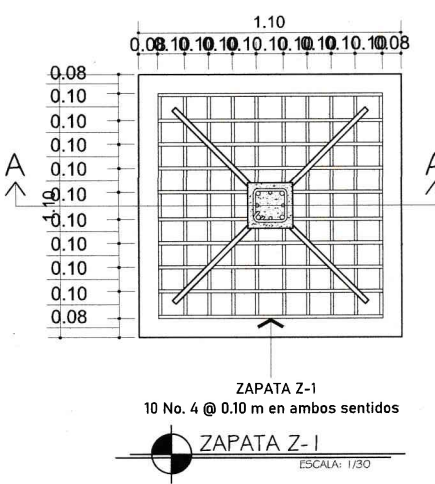
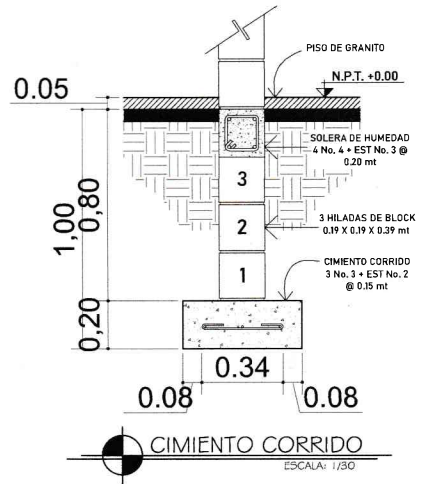




CORTE DE MURO B
ESCALA: 1/50

CORTE DE MURO 2
ESCALA: 1/25

CORTE DE MURO 4
ESCALA: 1/50



SECCION A - A'
ZAPATA Z-1 ESCALA: 1/30

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
- $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):
- VIGAS: 2.5 cm.
- COLUMNAS: 2.5 cm.
- LOSAS: 2.5 cm.
- CIMENTO CORRIDO: 7.5 cm.
- ZAPATA: 7.5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0.19 m X 0.19 m X 0.39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCALIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DANINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.50.

CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

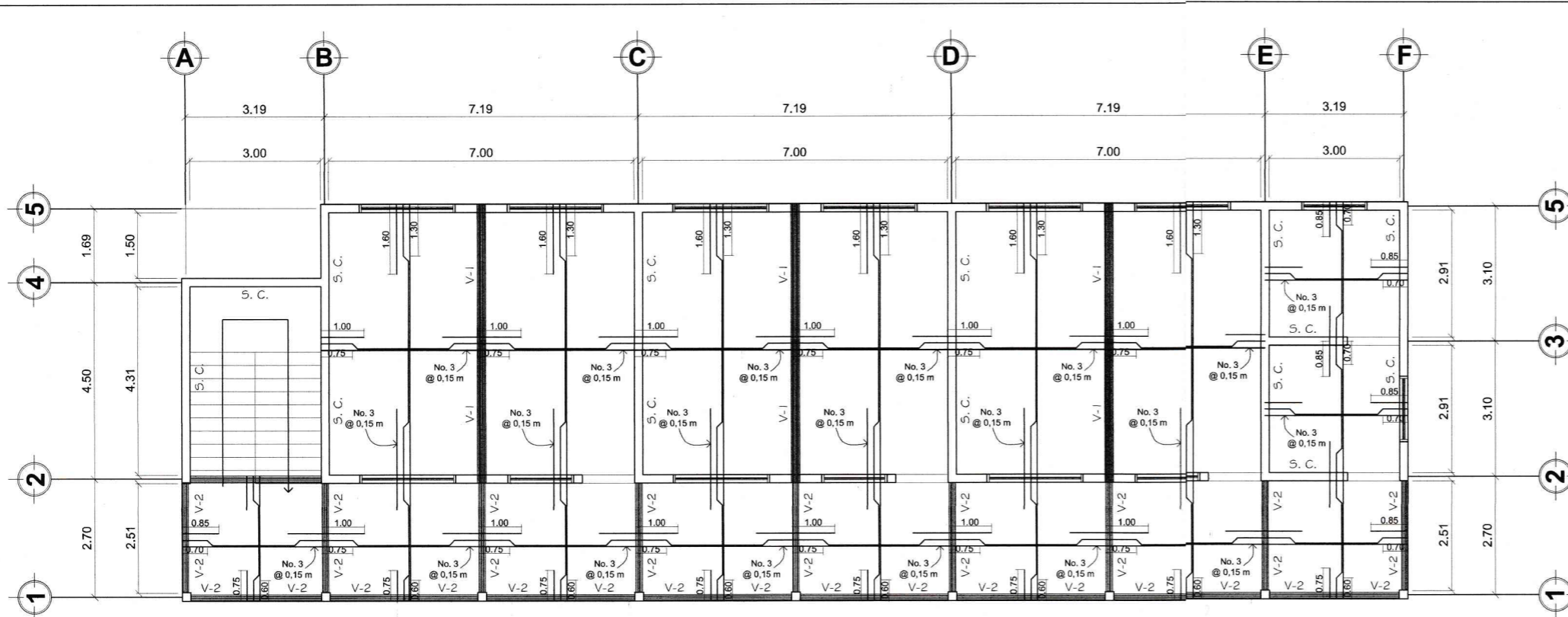
PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTICULAS.

LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.

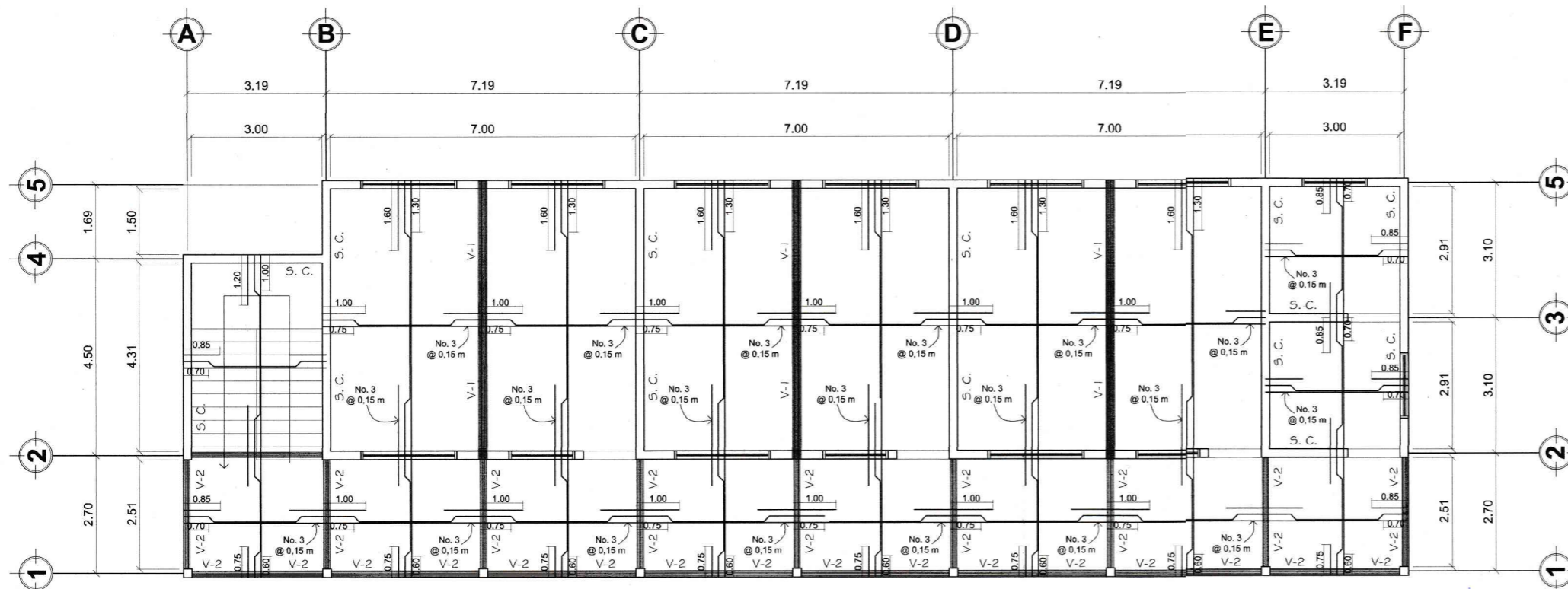


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

PROYECTO: DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.			
CONTENIDO: DETALLES DE MUROS, CIMENTACIÓN Y COLUMNAS		ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
Vo. Bo.			HOJA: 7 DE 11
f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ			



PLANTA DE LOSAS
PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/125



PLANTA DE LOSAS
SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/125

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
- $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):
- VIGAS: 2.5 cm.
- COLUMNAS: 2.5 cm.
- LOSAS: 2.5 cm.
- CIMIENTO CORRIDO: 7.5 cm.
- ZAPATA: 7.5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0.19 m X 0.19 m X 0.39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $P_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCÁLISIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DAÑINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.50.

CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS.

LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.

SIMBOLOGÍA

TIPO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
V-1	VIGA - AULA	0.20 X 0.35
V-2	VIGA - PASILLO	0.20 X 0.25
S. C.	SOLERA CORONA	0.19 X 0.20

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

PROYECTO:
DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

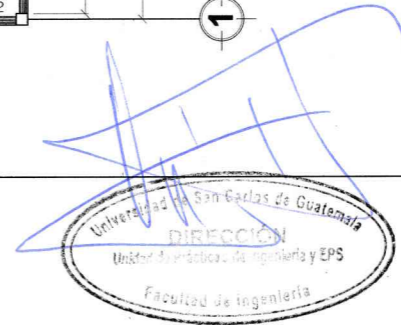
CONTENIDO:
PLANTA DE LOSAS

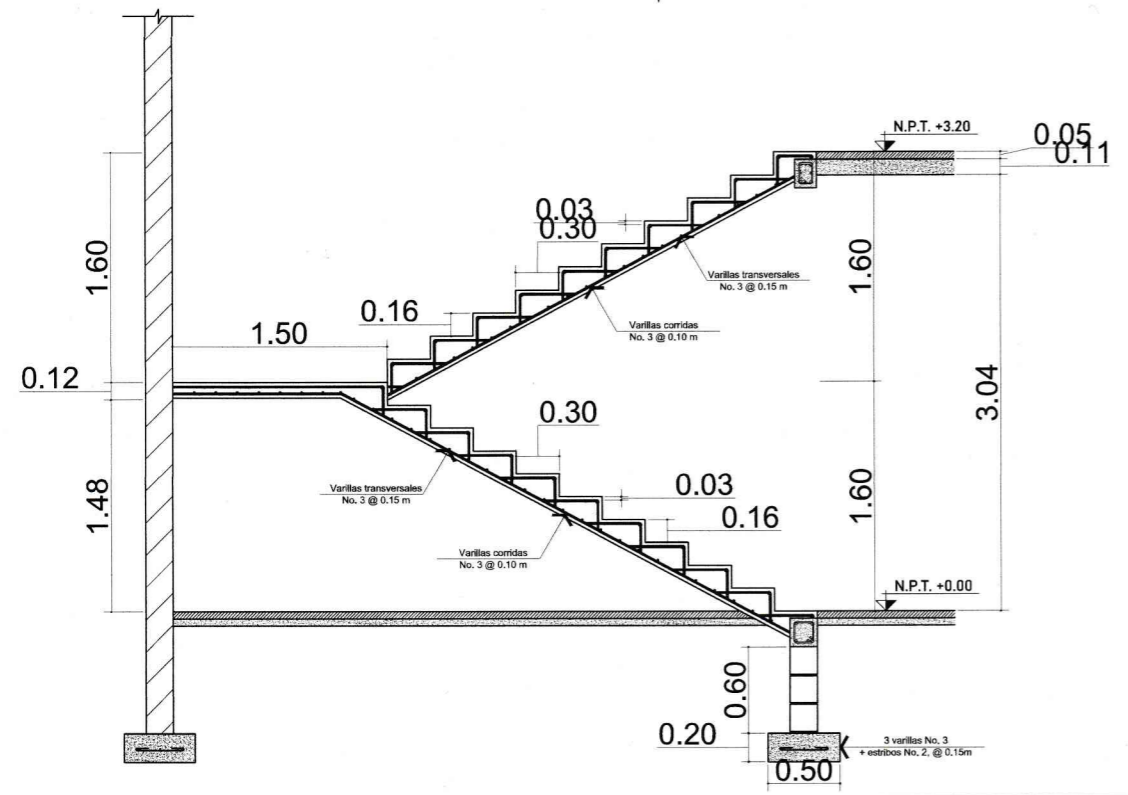
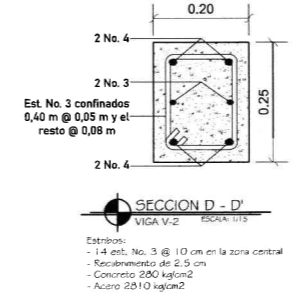
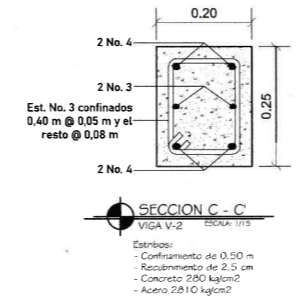
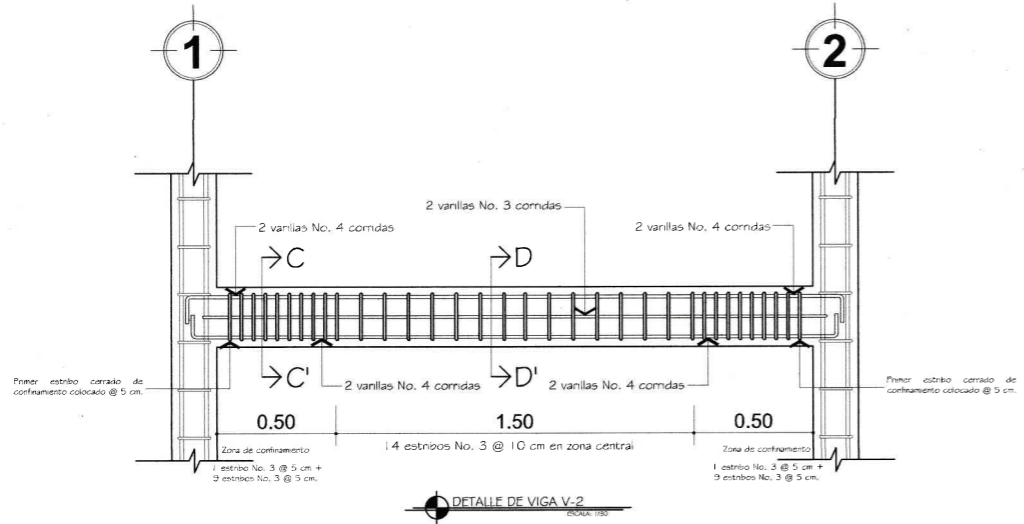
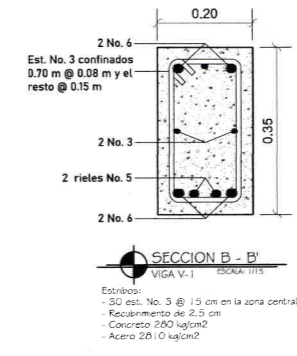
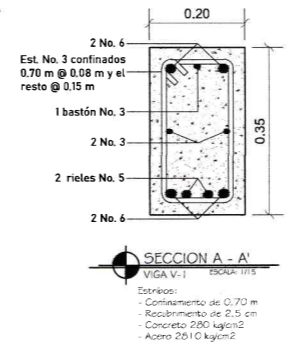
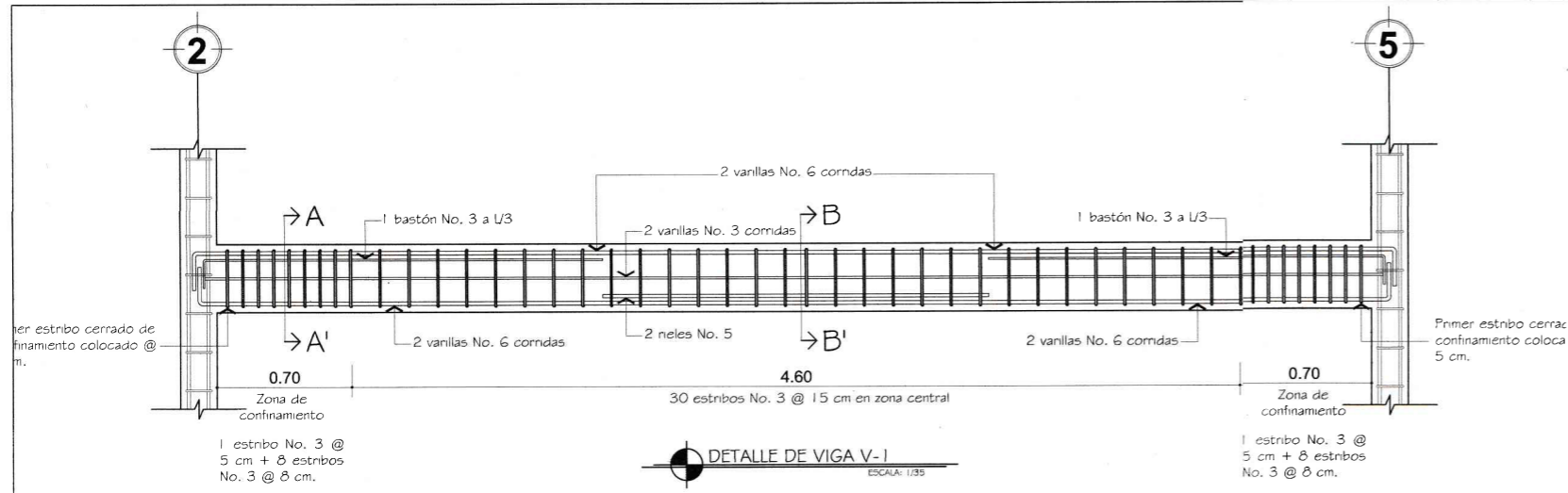
ESCALA:
INDICADA

DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
FECHA: OCTUBRE 2022

HOJA:
8 DE 11

f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ





ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
- $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):
- VIGAS: 2.5 cm.
- COLUMNAS: 2.5 cm.
- LOSAS: 2.5 cm.
- CIMENTO CORRIDO: 7.5 cm.
- ZAPATA: 7.5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO. POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0.19 m X 0.19 m X 0.39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

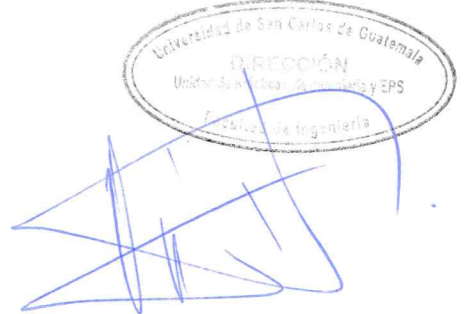
EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCÁLISIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DAÑINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.50.

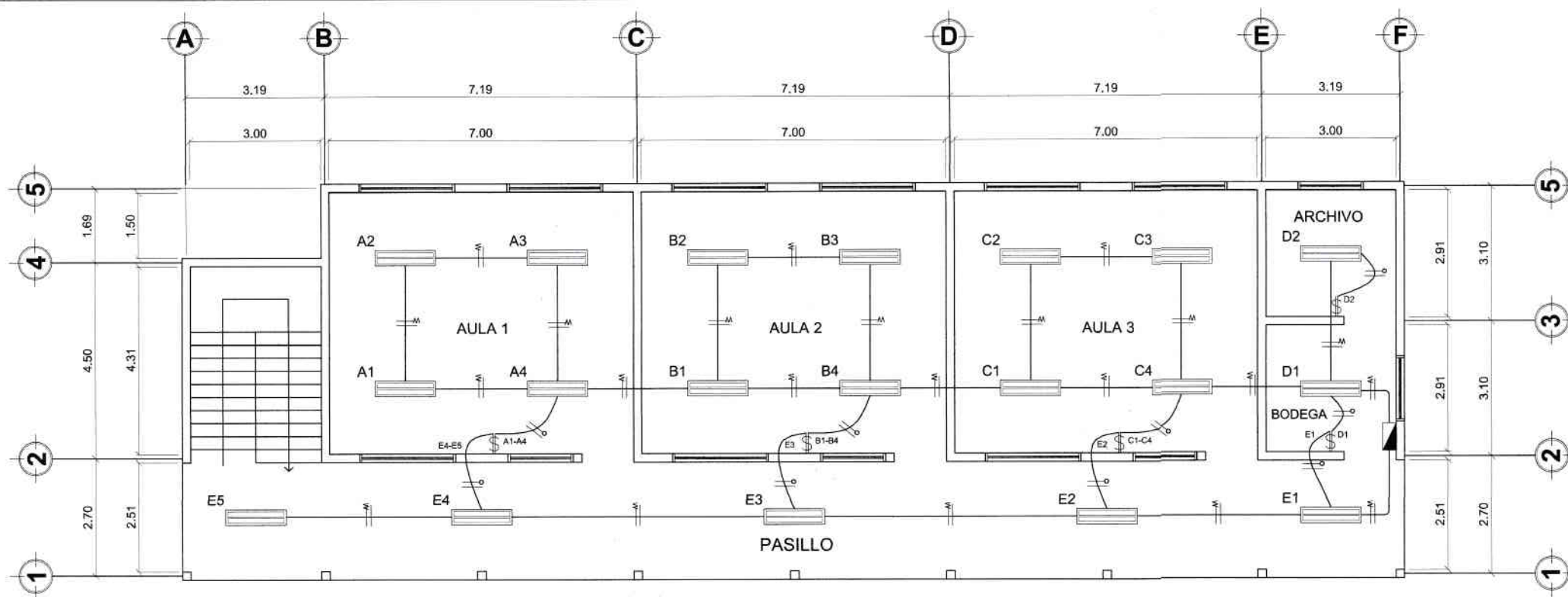
CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTICULAS.

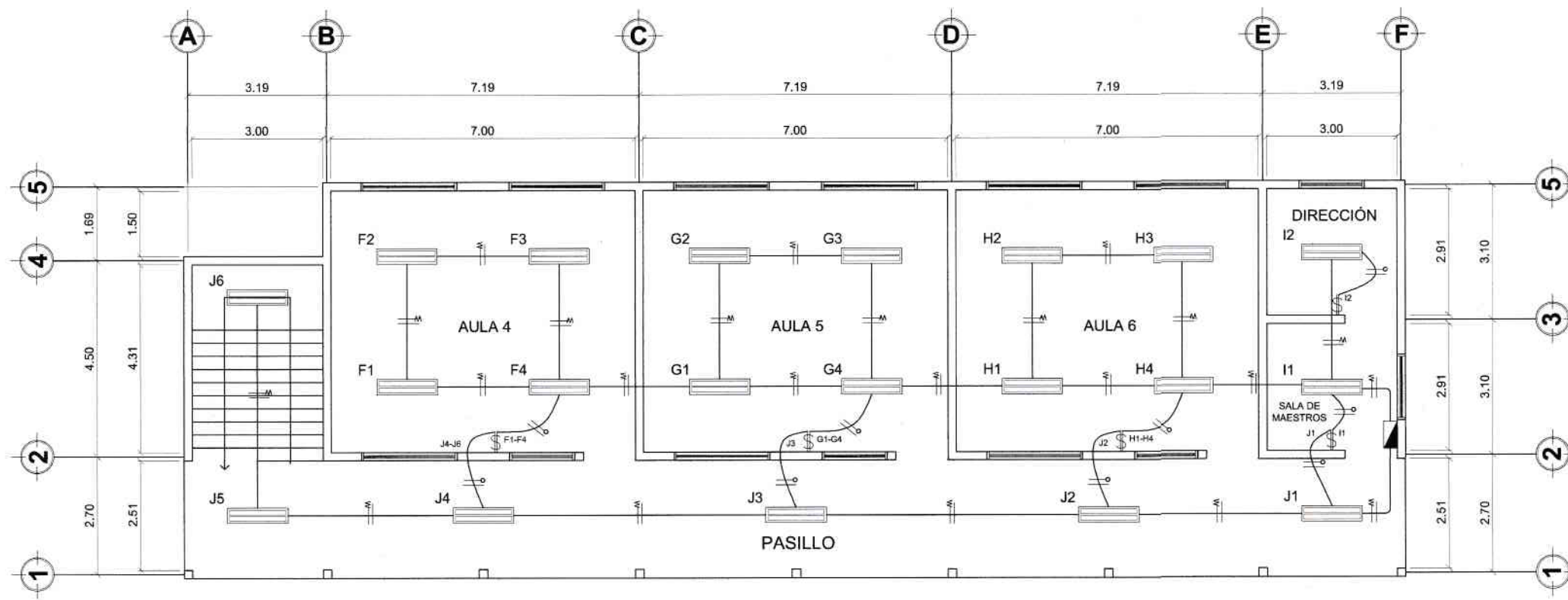
LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE E. P. S.			
PROYECTO: DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.			
CONTENIDO: DETALLES DE VIGAS Y GRADAS		ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
Vo. Bo.			HOJA: 9 DE 11
f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ			



PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION)
PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/125



PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (ILUMINACION)
SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/125

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
- $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):
- VIGAS: 2,5 cm.
- COLUMNAS: 2,5 cm.
- LOSAS: 2,5 cm.
- CIMENTO CORRIDO: 7,5 cm.
- ZAPATA: 7,5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0,19 m X 0,19 m X 0,39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0,75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCÁLISIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DANINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0,50.

CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTICULAS.

LA CANTIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE AGUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.

SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1,70 m S.N.P.T.
	LAMPARAS DE TUBO LED DE 48"
	LÍNEA NEUTRA CALIBRE 12 THW Ø INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 THW Ø INDICADO
	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 12 THW Ø INDICADO
	TUBO DUCTO Ø 3/4" EN CIELO #12
	INTERRUPTOR DOBLE H=1,20 m S.N.P.T.

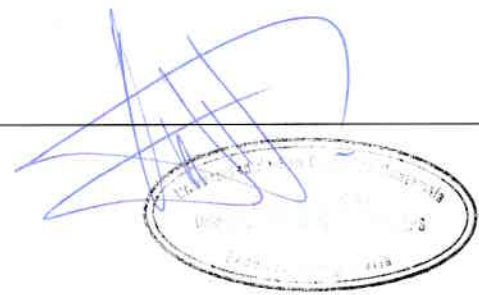
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

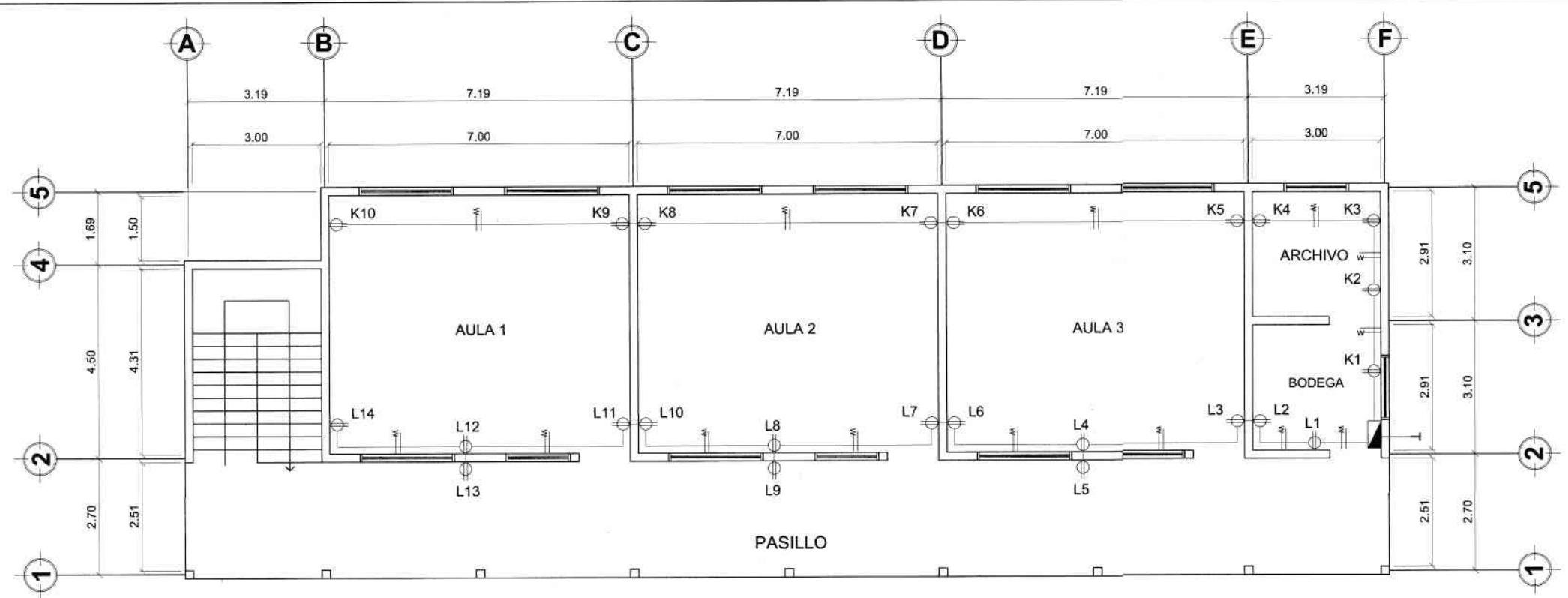
PROYECTO:
DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO:
PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (ILUMINACIÓN)
ESCALA:
INDICADA

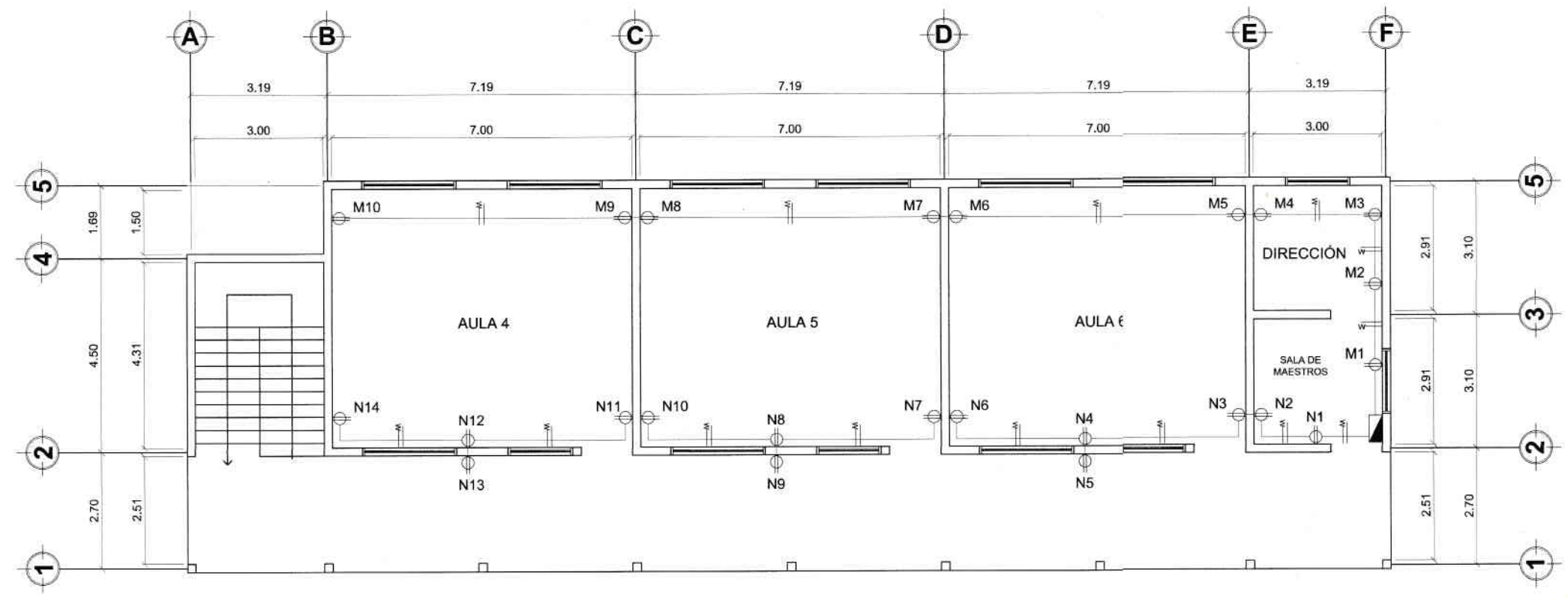
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Mo. Bc.
HOJA:
10 DE 11
f) ASesor: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ





PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (FUERZA)
PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/125



PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA (FUERZA)
SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/125

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

LA RESISTENCIA ÚLTIMA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS DEBERÁ SER $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, CON UNA PROPORCIÓN DE 1:2.2:2.6:0.57

RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO:
- $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$.

RECUBRIMIENTOS (ACI 318-14):
- VIGAS: 2.5 cm.
- COLUMNAS: 2.5 cm.
- LOSAS: 2.5 cm.
- CIMENTO CORRIDO: 7.5 cm.
- ZAPATA: 7.5 cm.

EL DOBLEZ DE LAS VARILLAS DE ACERO DEBE REALIZARSE EN FRÍO, POR NINGÚN MOTIVO DEBE CALENTARSE EL ACERO Y TAMPOCO UTILIZAR SOLDADURAS.

EN MUROS, SE UTILIZARÁ BLOCK DE 0.19 m X 0.19 m X 0.39 m Y CON UNA RESISTENCIA DE $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$.

LOS AGREGADOS DEBERÁN CUMPLIR LA NORMA ASTM C33 Y SU TAMAÑO MÁXIMO NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.75 VECES LA SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE BARRAS DE REFUERZO DEL ELEMENTO A FUNDIR.

EL AGUA DEBERÁ SER LIMPIA, LIBRE DE RESIDUOS DE ACEITE, ÁCIDOS, ALCÁLISIS, SALES, MATERIA ORGÁNICA Y OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA SER DAÑINA PARA LA MEZCLA O CUALQUIER MATERIAL EMBEBIDO EN EL CONCRETO.

LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO, PARA LA MEZCLA DE CONCRETO A UTILIZAR EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES COMO: CIMENTACIONES, VIGAS, COLUMNAS Y LOSAS, NO DEBERÁ EXCEDER DE 0.50.

CUALQUIER TIPO DE ADITIVO A UTILIZAR EN LA MEZCLA DEBERÁ SER APROBADO PREVIAMENTE POR EL SUPERVISOR.

PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN LAS LOSAS, DEBERÁN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACOMODAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS.

LA CALIDAD DEL CONCRETO SE VERIFICARÁ A TRAVÉS DE PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS ELABORADOS, CURADOS Y ENSAYADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS ASTM C31 Y C39.

SIMBOLOGÍA DE FUERZA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 m S.N.P.T.
	TUBO DUCTO Ø 3/4" EN PISO
	LÍNEA NEUTRA CALIBRE 10 THW Ø INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 10 THW Ø INDICADO
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 10 THW Ø INDICADO
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.40 m S.N.P.T.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

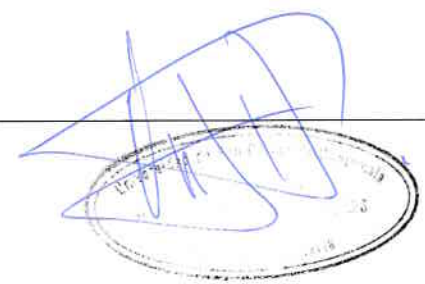
PROYECTO:
DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO:
PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (FUERZA)

ESCALA:
INDICADA

DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
FECHA: OCTUBRE 2022

Vo. Bo. HOJA: 11 DE 11

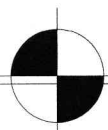
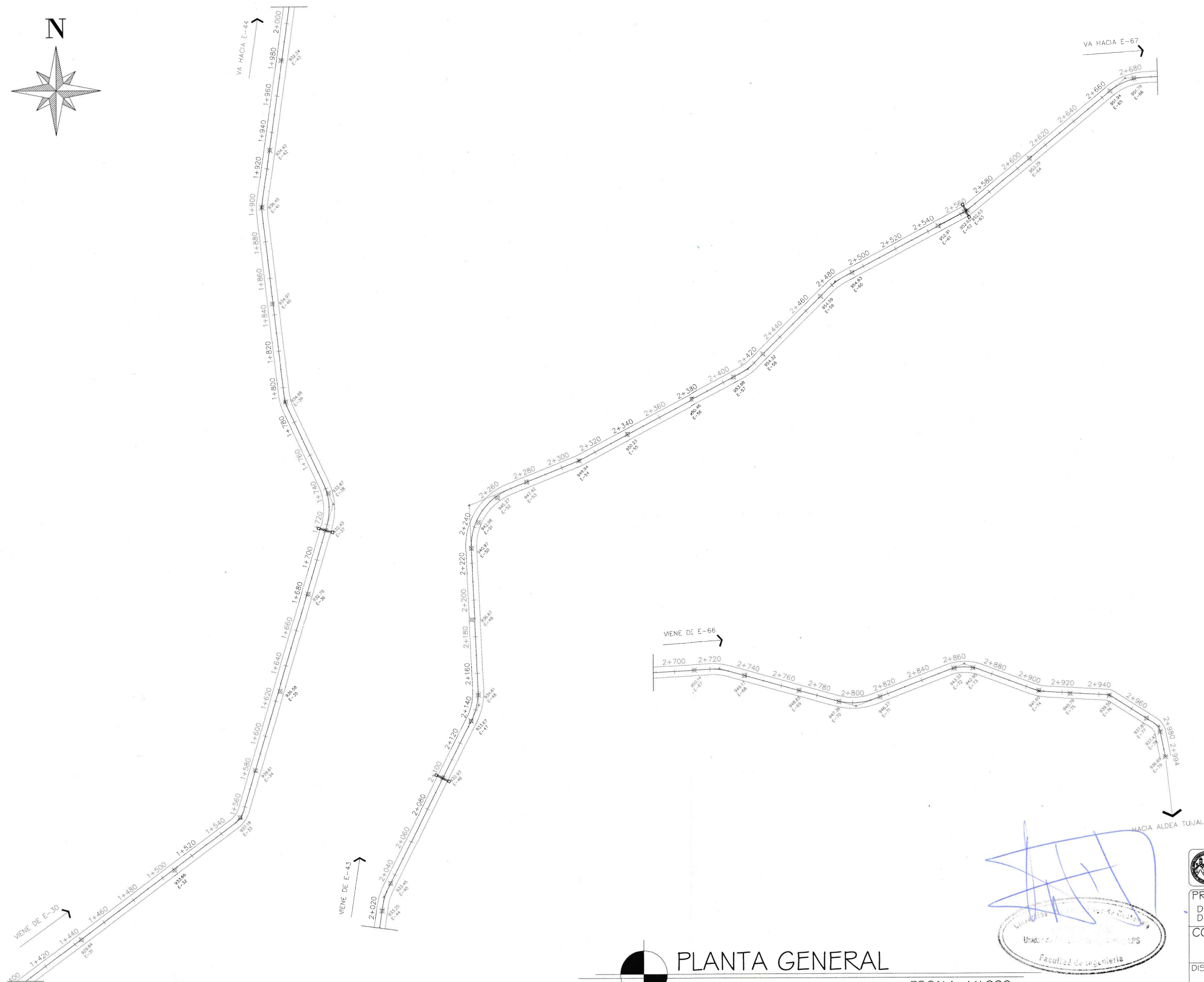




LIBRETA TOPOGRÁFICA				
EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA (m)	COTA
0	0			1000.000
0	1	53°34'29"	50.30	1000.836
1	2	61°19'03"	44.55	997.400
2	3	79°27'44"	18.79	995.761
3	4	90°33'26"	61.83	995.761
4	5	79°34'47"	18.00	994.842
5	6	48°30'30"	61.43	994.872
6	7	23°34'20"	65.24	991.467
7	8	22°14'51"	63.44	983.118
8	9	22°25'51"	53.53	974.781
9	10	22°35'15"	68.30	967.172
10	11	24°18'45"	64.43	963.379
11	12	28°57'29"	39.90	959.229
12	13	35°59'44"	77.55	953.082
13	14	33°51'08"	64.68	949.117
14	15	35°04'29"	35.27	947.937
15	16	45°45'39"	25.02	946.563
16	17	55°27'58"	62.41	944.988
17	18	53°07'26"	78.75	949.100
18	19	66°21'28"	23.00	949.934
19	20	80°33'34"	61.22	948.833
20	21	67°00'47"	52.22	946.216
21	22	64°59'17"	43.22	947.752
22	23	42°21'51"	20.55	945.870
23	24	35°12'31"	24.05	943.584
24	25	63°01'35"	19.67	942.946
25	26	73°10'42"	36.65	942.940
26	27	71°18'23"	45.80	941.348
27	28	64°11'37"	29.20	938.733
28	29	53°34'44"	52.45	930.149
29	30	52°28'56"	32.39	929.261
30	31	53°15'26"	49.85	929.839
31	32	53°32'03"	63.45	933.656
32	33	51°19'57"	45.64	937.177
33	34	18°28'18"	26.99	939.607
34	35	17°34'56"	45.15	936.585
35	36	16°17'20"	55.06	932.788
36	37	15°35'16"	36.05	932.429
37	38	04°11'21"	20.35	932.866
38	39	335°08'46"	54.83	934.657
39	40	352°31'16"	53.85	934.974
40	41	354°05'41"	52.77	936.446
41	42	08°01'10"	31.57	934.420
42	43	07°29'11"	49.40	932.245
43	44	08°52'20"	39.34	933.253
44	45	17°34'42"	15.70	933.448
45	46	26°25'38"	63.93	932.926
46	47	26°46'58"	34.75	933.673
47	48	15°52'06"	14.72	934.614
48	49	355°15'52"	41.10	936.666
49	50	359°57'01"	38.85	940.974
50	51	15°16'11"	14.58	942.977
51	52	38°00'43"	17.03	945.268
52	53	61°43'37"	17.95	947.418
53	54	68°05'42"	30.95	949.939
54	55	61°41'38"	30.10	950.230
55	56	61°37'21"	40.05	950.463
56	57	62°42'00"	26.00	953.882
57	58	51°16'45"	20.45	954.321
58	59	45°02'07"	44.36	954.588
59	60	53°14'02"	21.60	954.628
60	61	61°52'00"	53.45	952.913
61	62	62°06'03"	16.15	952.622
62	63	62°58'59"	2.00	952.632
63	64	50°08'36"	43.93	953.290
64	65	50°34'25"	57.38	951.937
65	66	61°36'18"	14.72	951.791
66	67	86°47'33"	30.80	950.136
67	68	96°11'45"	27.53	949.170
68	69	105°30'10"	30.74	948.654
69	70	105°40'20"	22.57	947.359
70	71	83°39'05"	22.58	946.274
71	72	68°59'37"	43.20	943.330
72	73	88°41'21"	10.50	942.951
73	74	109°16'55"	37.95	941.603
74	75	95°36'11"	17.15	940.792
75	76	92°59'07"	21.40	939.499
76	77	121°47'17"	23.75	937.871
77	78	134°37'01"	10.50	937.466
78	79	168°31'48"	13.87	936.689

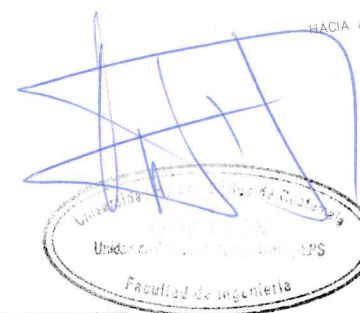
PLANTA GENERAL
 ESCALA: 1/1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE E. P. S.			
PROYECTO: DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.			
CONTENIDO: PLANTA GENERAL			ESCALA: INDICADA
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
Vo. Bo.			HOJA: 1 DE 11
t) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ			



PLANTA GENERAL

ESCALA: 1/1000



LIBRETA TOPOGRÁFICA

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA (m)	COTA
0	0			1000.000
0	1	53°34'29"	50.30	1000.836
1	2	61°19'03"	44.55	997.400
2	3	79°27'44"	18.79	995.761
3	4	90°33'26"	61.83	995.761
4	5	79°34'47"	18.00	994.642
5	6	48°30'30"	61.43	994.672
6	7	23°34'20"	65.24	991.467
7	8	22°14'51"	63.44	983.118
8	9	22°25'51"	53.53	974.781
9	10	22°35'15"	68.30	967.172
10	11	24°18'45"	64.43	963.379
11	12	28°57'29"	39.90	959.229
12	13	35°59'44"	77.55	953.082
13	14	33°51'08"	64.68	949.117
14	15	35°04'29"	35.27	947.937
15	16	45°45'39"	25.02	946.563
16	17	55°27'58"	62.41	944.988
17	18	53°07'26"	78.75	949.100
18	19	66°21'28"	23.00	949.934
19	20	80°33'34"	61.22	948.833
20	21	67°00'47"	52.22	948.216
21	22	64°59'17"	43.22	947.752
22	23	42°21'51"	20.55	945.870
23	24	35°12'31"	24.05	943.584
24	25	63°01'35"	19.67	942.946
25	26	73°10'42"	36.65	942.940
26	27	71°18'23"	45.80	941.348
27	28	64°11'37"	29.20	938.733
28	29	53°34'44"	52.45	930.149
29	30	52°28'56"	32.39	929.261
30	31	55°15'26"	49.85	929.839
31	32	53°32'03"	63.45	933.656
32	33	51°19'57"	45.64	937.177
33	34	18°28'18"	26.99	939.607
34	35	17°34'56"	45.15	936.585
35	36	16°17'20"	55.06	932.788
36	37	15°35'16"	36.05	932.429
37	38	04°11'21"	20.35	932.866
38	39	335°08'46"	54.83	934.657
39	40	352°31'16"	53.85	934.974
40	41	354°05'41"	52.77	936.446
41	42	08°01'10"	31.57	934.420
42	43	07°29'11"	49.40	932.245
43	44	08°52'20"	39.34	933.253
44	45	17°34'42"	15.70	933.448
45	46	26°25'38"	63.93	932.926
46	47	26°46'58"	34.75	933.673
47	48	15°52'06"	14.72	934.614
48	49	355°15'52"	41.10	936.666
49	50	359°57'01"	38.85	940.974
50	51	15°16'11"	14.58	942.977
51	52	38°00'43"	17.03	945.268
52	53	61°43'37"	17.95	947.418
53	54	68°05'42"	30.95	949.939
54	55	61°41'38"	30.10	950.230
55	56	61°37'21"	40.05	950.463
56	57	62°42'00"	26.00	953.882
57	58	51°16'45"	20.45	954.321
58	59	45°02'07"	44.36	954.588
59	60	53°14'02"	21.60	954.628
60	61	61°52'00"	53.45	952.913
61	62	62°06'03"	16.15	952.622
62	63	62°58'59"	2.00	952.632
63	64	50°08'36"	43.93	953.290
64	65	50°34'25"	57.38	951.937
65	66	61°36'18"	14.72	951.791
66	67	86°47'33"	30.80	950.136
67	68	96°11'45"	27.53	949.170
68	69	105°30'10"	30.74	948.654
69	70	105°40'20"	22.57	947.359
70	71	83°39'05"	22.58	946.274
71	72	68°59'37"	43.20	943.330
72	73	88°41'21"	10.50	942.951
73	74	109°16'55"	37.95	941.603
74	75	95°36'11"	17.15	940.792
75	76	92°59'07"	21.40	939.499
76	77	121°47'17"	23.75	937.871
77	78	134°37'01"	10.50	937.466
78	79	168°31'48"	13.87	936.689

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

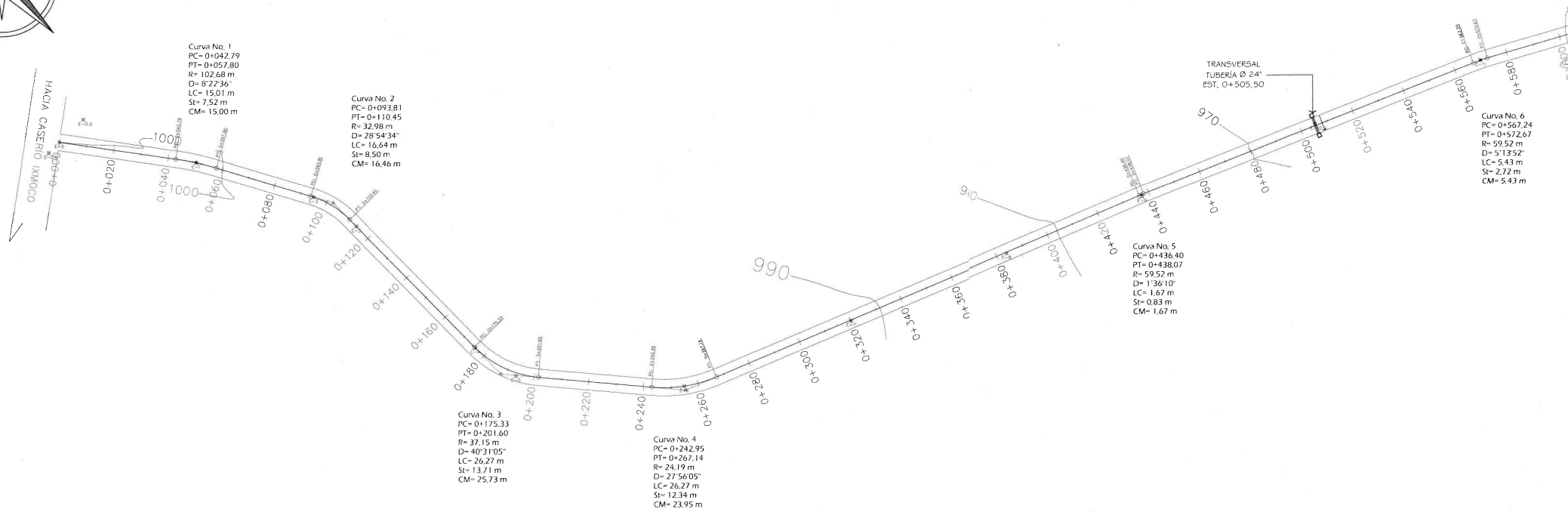
PROYECTO:
DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILAS DE CONCRETO
DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO:
PLANTA GENERAL

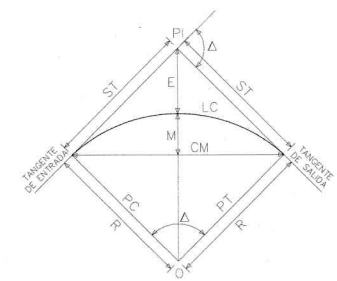
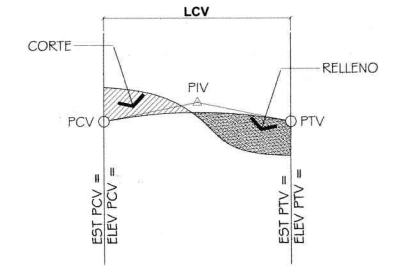
ESCALA:
INDICADA

DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
FECHA: OCTUBRE 2022

Vo. Bo. HOJA: 2 DE 11
ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

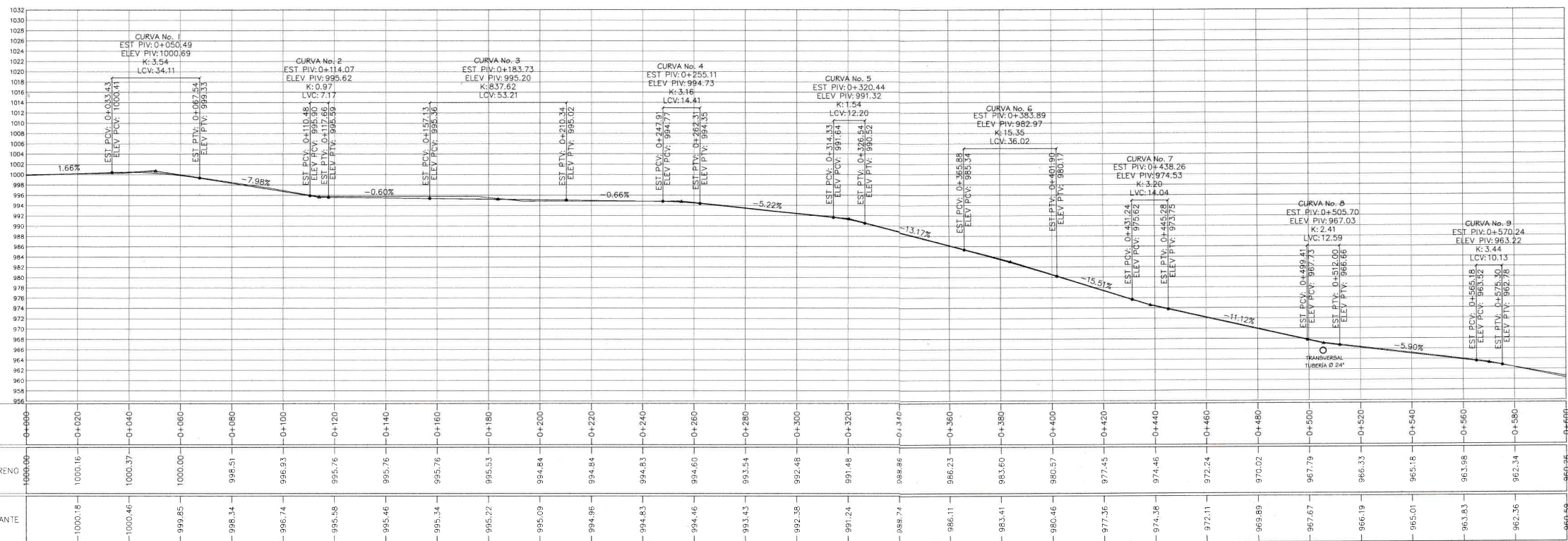


SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA HORIZONTAL
⊗	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
— — —	TRANSVERSAL EN PLANTA, TUBO DE Ø 30"
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
ELEV PCV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
ELEV PTV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
K	COEFICIENTE DE CURVA VERTICAL
S %	PENDIENTE DE TERRENO
⊗	TRANSVERSAL EN PERFIL, TUBO DE Ø 30"
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
---	TERRENO EN PERFIL
—	RASANTE EN PERFIL



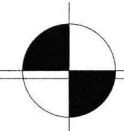
PARÁMETROS DE CURVAS	
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
ST	SUBTANGENTE
Δ	DELTA
M	ORDENADA MEDIA
CM	CUERDA MÁXIMA
E	EXTERNAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PUNTO DE TANGENCIA

PERFIL LONGITUDINAL



LIBRETA TOPOGRÁFICA

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA (m)	COTA
0	0			1000.000
0	1	53°34'29"	50.30	1000.836
1	2	61°19'03"	44.55	997.400
2	3	79°27'44"	18.79	995.761
3	4	90°33'26"	61.83	995.761
4	5	79°34'47"	18.00	994.842
5	6	48°30'30"	61.43	994.872
6	7	23°34'20"	65.24	991.467
7	8	22°14'51"	63.44	983.118
8	9	22°25'51"	53.53	974.781
9	10	22°35'15"	68.30	967.172
10	11	24°18'45"	64.43	963.379



PLANTA - PERFIL DE 0+000 A 0+600

ESCALA H: 1/1,000
ESCALA V: 1/500

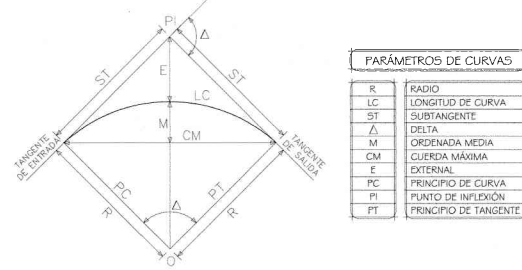
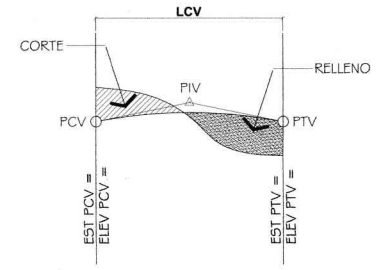
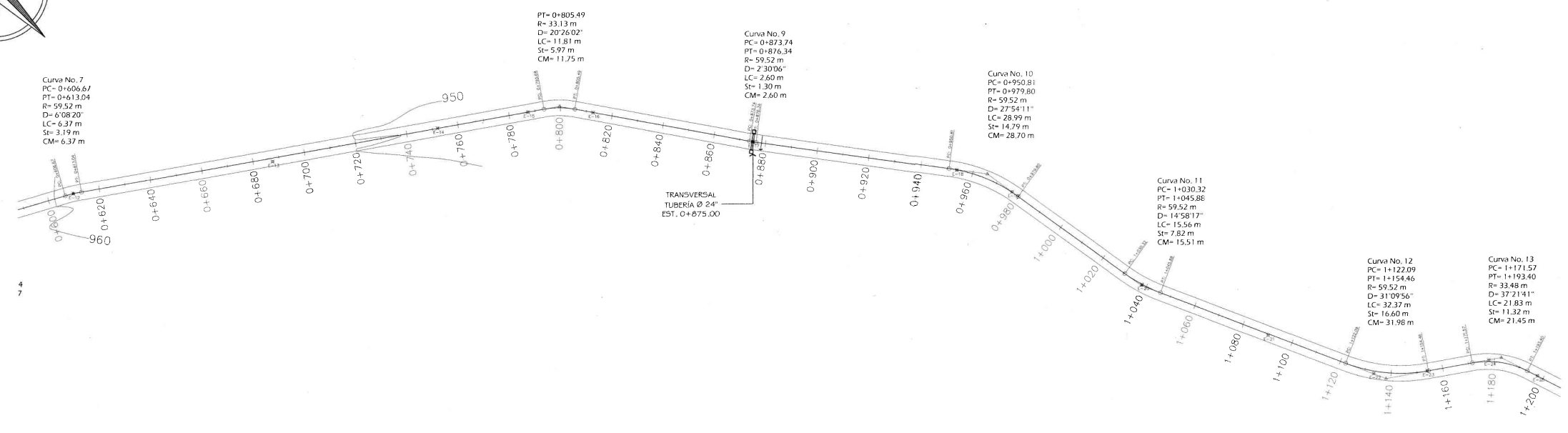


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

PROYECTO: DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.			
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL		ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
Vo. Bo.			HOJA: 3 DE 11
f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ			

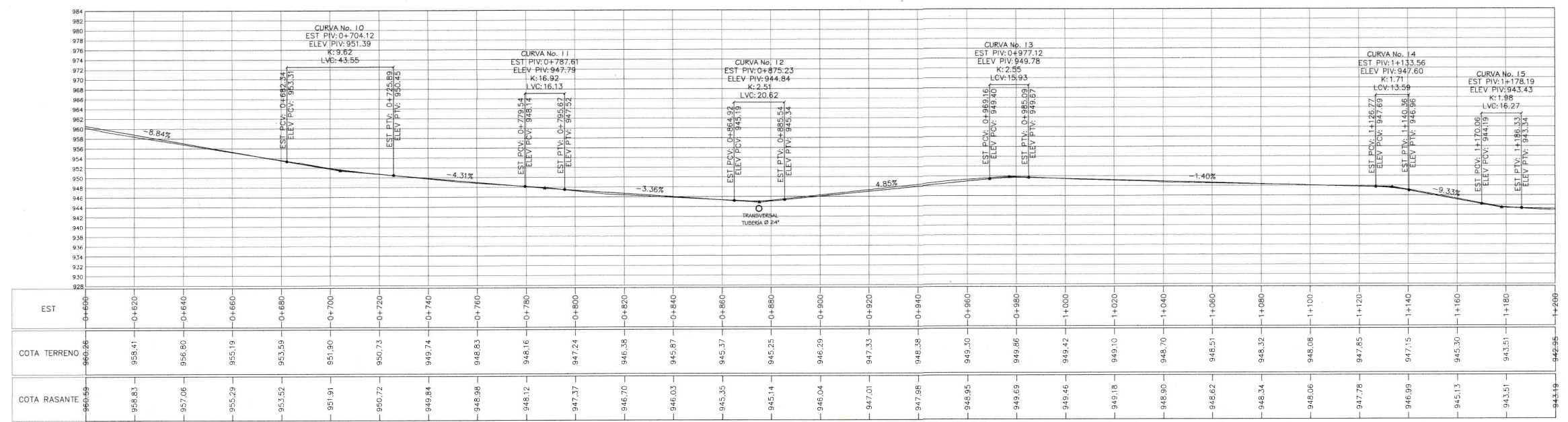


SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA HORIZONTAL
⊗	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
□	TRANSVERSAL EN PLANTA, TUBO DE Ø 30"
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
ELEV PCV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
ELEV PTV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
K	COEFICIENTE DE CURVA VERTICAL
S %	PENDIENTE DE TERRENO
○	TRANSVERSAL EN PERFIL, TUBO DE Ø 30"
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
---	TERRENO EN PERFIL
---	RASANTE EN PERFIL



PARÁMETROS DE CURVAS	
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
ST	SUBTANGENTE
Δ	DELTA
M	ORDENADA MEDIA
CM	CUERDA MÁXIMA
E	EXTERNAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PI	PLANTO DE INFLIEXIÓN
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE

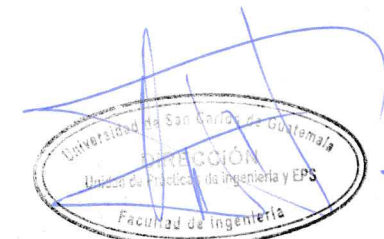
PERFIL LONGITUDINAL



LIBRETA TOPOGRÁFICA

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA (m)	COTA
11	12	28°57'29"	39.90	959.229
12	13	35°59'44"	77.55	953.082
13	14	33°51'08"	64.68	949.117
14	15	35°04'29"	35.27	947.937
15	16	45°45'39"	25.02	946.563
16	17	55°27'50"	62.41	944.988
17	18	53°07'26"	78.75	949.100
18	19	66°21'28"	23.00	949.934
19	20	80°33'34"	61.22	948.833
20	21	67°00'47"	52.22	948.216
21	22	64°59'17"	43.22	947.752
22	23	42°21'51"	20.55	945.870
23	24	35°12'31"	24.05	943.584
24	25	63°01'35"	19.67	942.946

PLANTA - PERFIL DE 0+600 A 1+200
 ESCALA H: 1/1,000
 ESCALA V: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE E. P. S.

PROYECTO:
 DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO:
 PLANTA - PERFIL

ESCALA:
 INDICADA

DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
 DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
 CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
 FECHA: OCTUBRE 2022

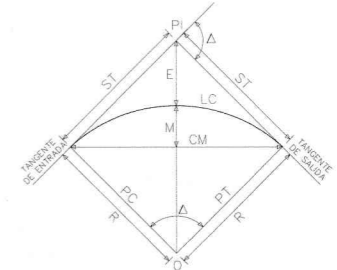
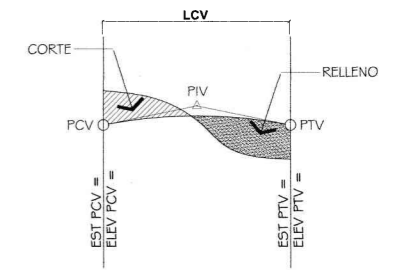
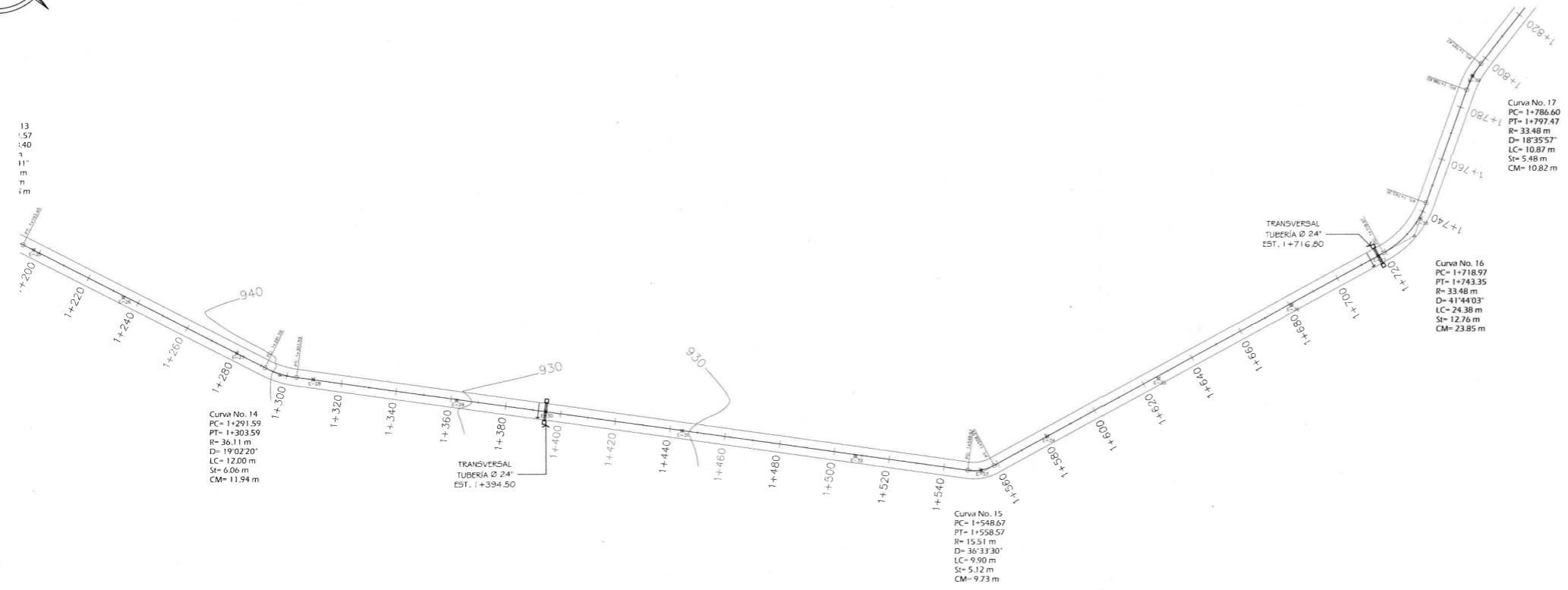
Vo. Bo.

HOJA:
 4 DE 11

f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

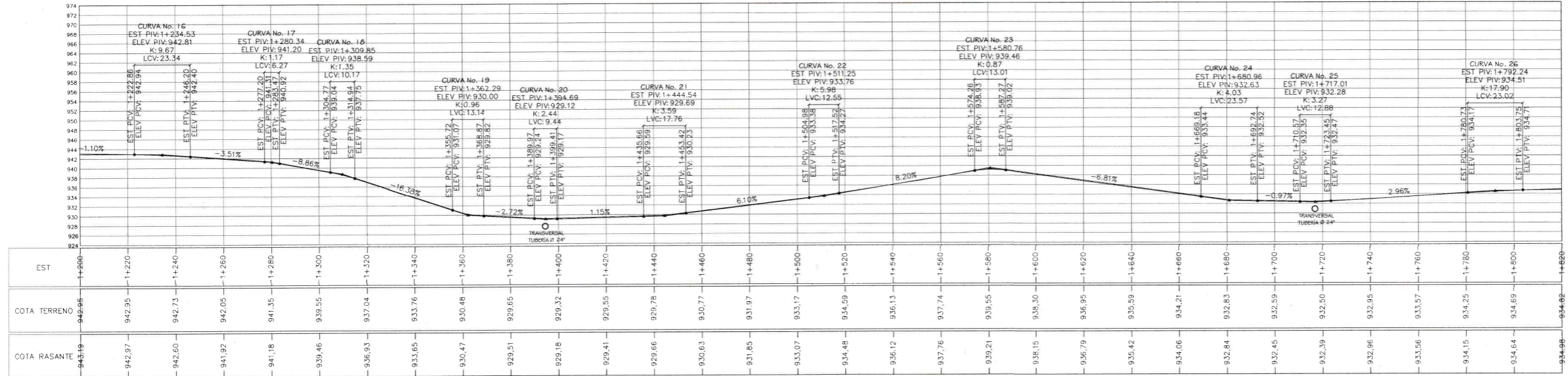


SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA HORIZONTAL
⊗	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
□	TRANSVERSAL EN PLANTA, TUBO DE Ø 30"
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
ELEV PCV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
ELEV PTV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
K	COEFICIENTE DE CURVA VERTICAL
S %	PENDIENTE DE TERRENO
○	TRANSVERSAL EN PERFIL, TUBO DE Ø 30"
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
---	TERRENO EN PERFIL
---	RASANTE EN PERFIL



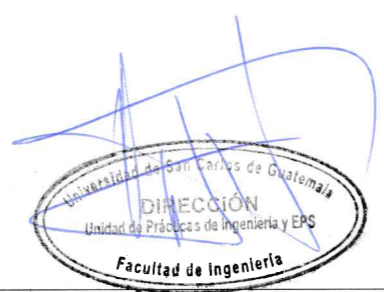
PARÁMETROS DE CURVAS	
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
ST	SUBTANGENTE
Δ	DELTA
M	ORDENADA MEDIA
CM	CURVA MÁXIMA
E	EXTERNAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PI	PUNTO DE INFLEXIÓN
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE

PERFIL LONGITUDINAL



LIBRETA TOPOGRÁFICA				
EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA (m)	COTA
25	26	73°10'42"	36.65	942.940
26	27	71°18'23"	45.80	941.348
27	28	64°11'37"	29.20	938.733
28	29	53°34'44"	52.45	930.149
29	30	52°28'56"	32.39	929.261
30	31	53°15'26"	49.85	929.839
31	32	53°32'03"	63.45	933.656
32	33	51°19'57"	45.64	937.177
33	34	18°28'18"	26.99	939.607
34	35	17°34'56"	45.15	936.585
35	36	16°17'20"	55.06	932.788
36	37	15°35'16"	36.05	932.429
37	38	04°11'21"	20.35	932.866
38	39	335°08'46"	54.83	934.657

PLANTA - PERFIL DE 1+200 A 1+820
 ESCALA H: 1/1,000
 ESCALA V: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE E. P. S.

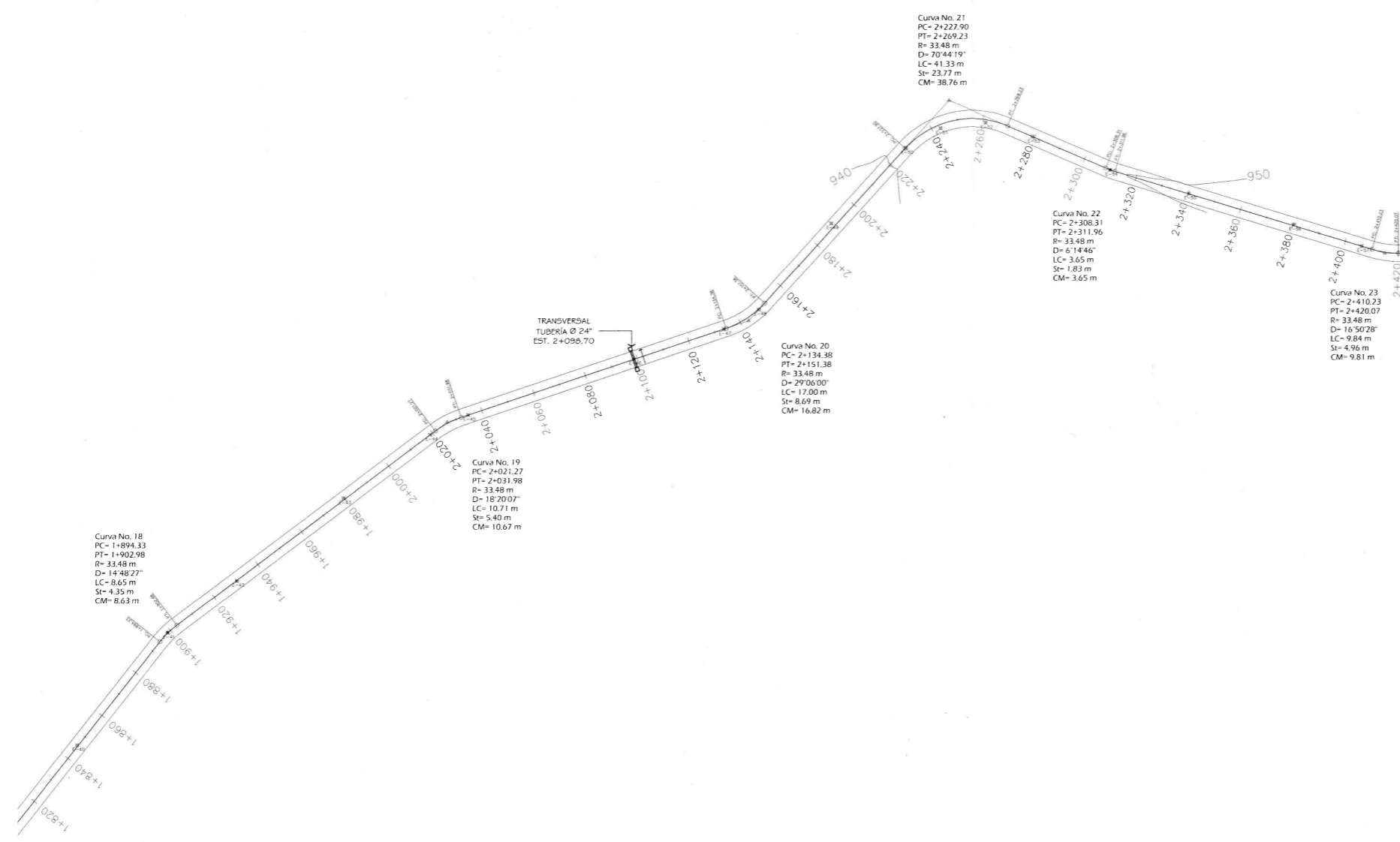
PROYECTO:
 DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO:
 PLANTA - PERFIL

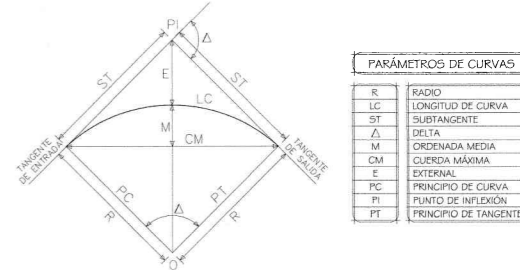
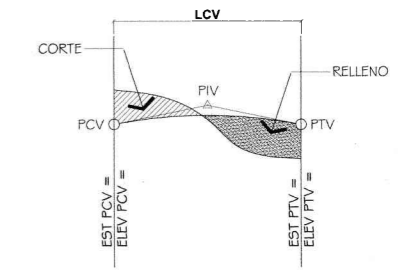
ESCALA:
 INDICADA

DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
Vo. Bo.			HOJA: 5 DE 11

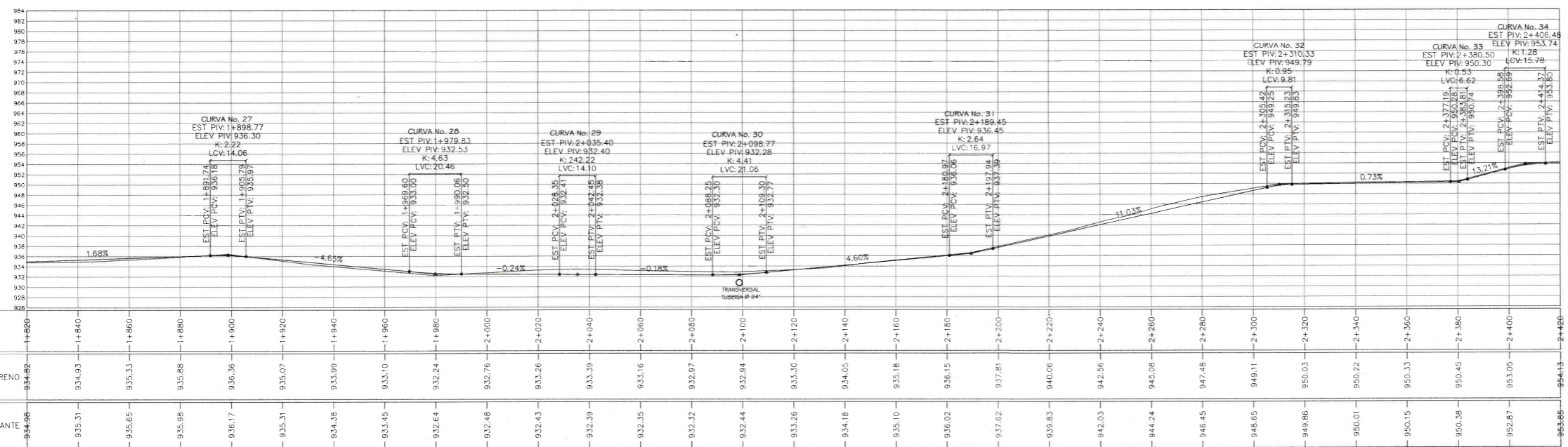
f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA HORIZONTAL
⊗	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
⊠	TRANSVERSAL EN PLANTA, TUBO DE Ø 30"
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
ELEV PCV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
ELEV PTV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
K	COEFICIENTE DE CURVA VERTICAL
S %	PENDIENTE DE TERRENO
⊙	TRANSVERSAL EN PERFIL, TUBO DE Ø 30"
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
---	TERRENO EN PERFIL
—	RASANTE EN PERFIL



PARÁMETROS DE CURVAS	
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
ST	SUBTANGENTE
Δ	DELTA
M	ORDENADA MEDIA
CM	CUERDA MÁXIMA
E	EXTERNAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PI	PUNTO DE INFLEXIÓN
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA



LIBRETA TOPOGRÁFICA

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA (m)	COTA
39	40	352°31'16"	53.85	934.974
40	41	354°05'41"	52.77	936.446
41	42	08°01'10"	31.57	934.420
42	43	07°29'11"	49.40	932.245
43	44	08°52'20"	39.34	933.253
44	45	17°34'42"	15.70	933.448
45	46	26°25'38"	63.93	932.926
46	47	26°46'58"	34.75	933.673
47	48	15°52'06"	14.72	934.614
48	49	355°15'52"	41.10	936.666
49	50	359°57'01"	38.85	940.974
50	51	15°16'11"	14.58	942.977
51	52	38°00'43"	17.03	945.268
52	53	61°43'37"	17.95	947.418
53	54	68°05'42"	30.95	949.939
54	55	61°41'38"	30.10	950.230
55	56	61°37'21"	40.05	950.463
56	57	62°42'00"	26.00	953.882

PLANTA - PERFIL DE 1+820 A 2+420
 ESCALA H: 1/1,000
 ESCALA V: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE E. P. S.

PROYECTO:
 DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO:
 PLANTA - PERFIL

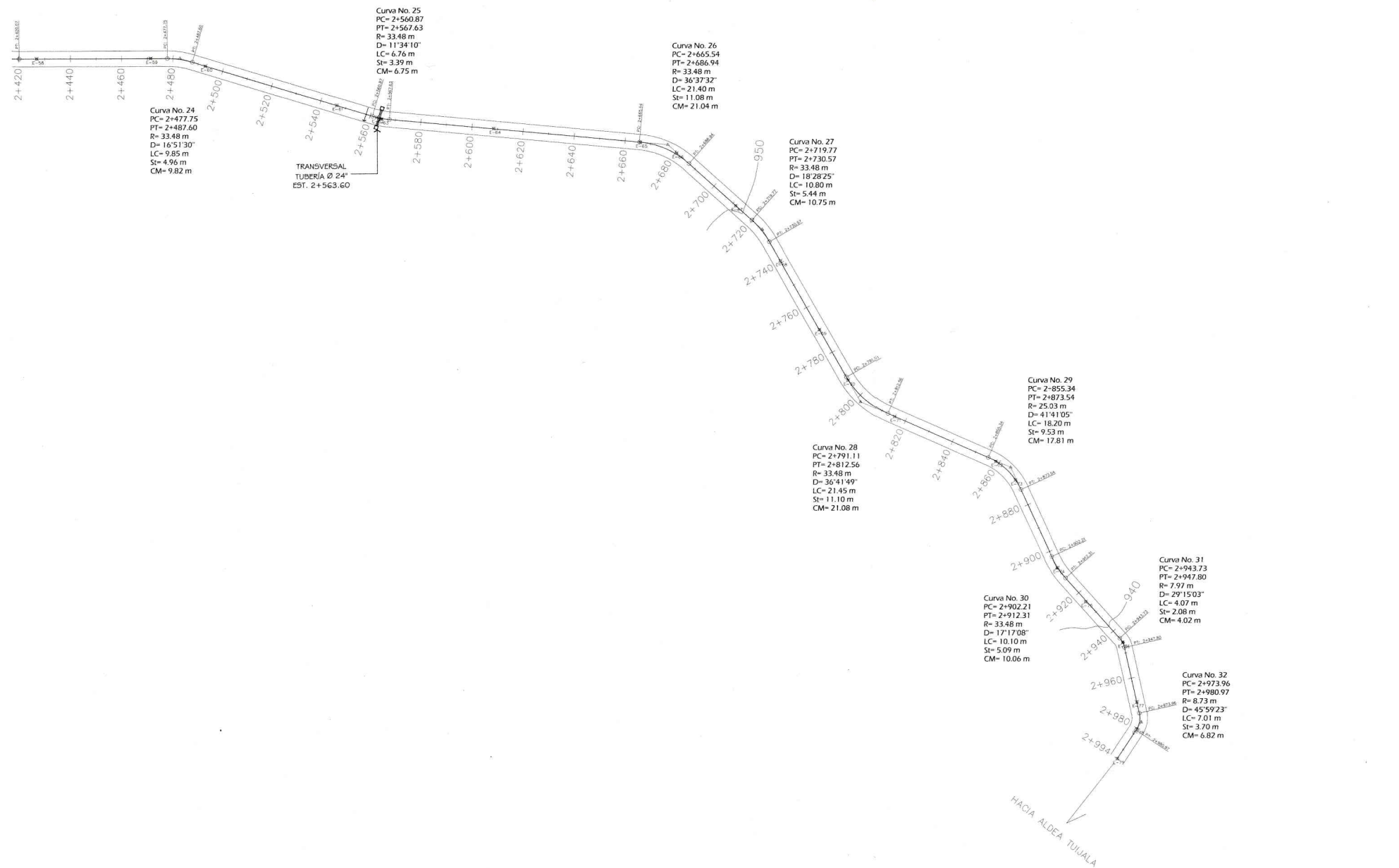
ESCALA:
 INDICADA

DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
 DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
 CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
 FECHA: OCTUBRE 2022

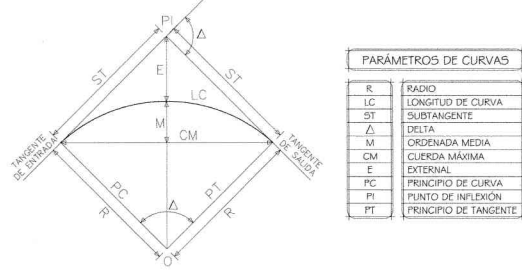
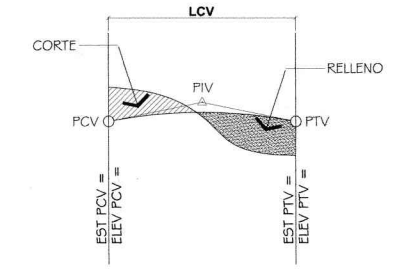
Vo. Bo.

HOJA:
 6 DE 11

f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

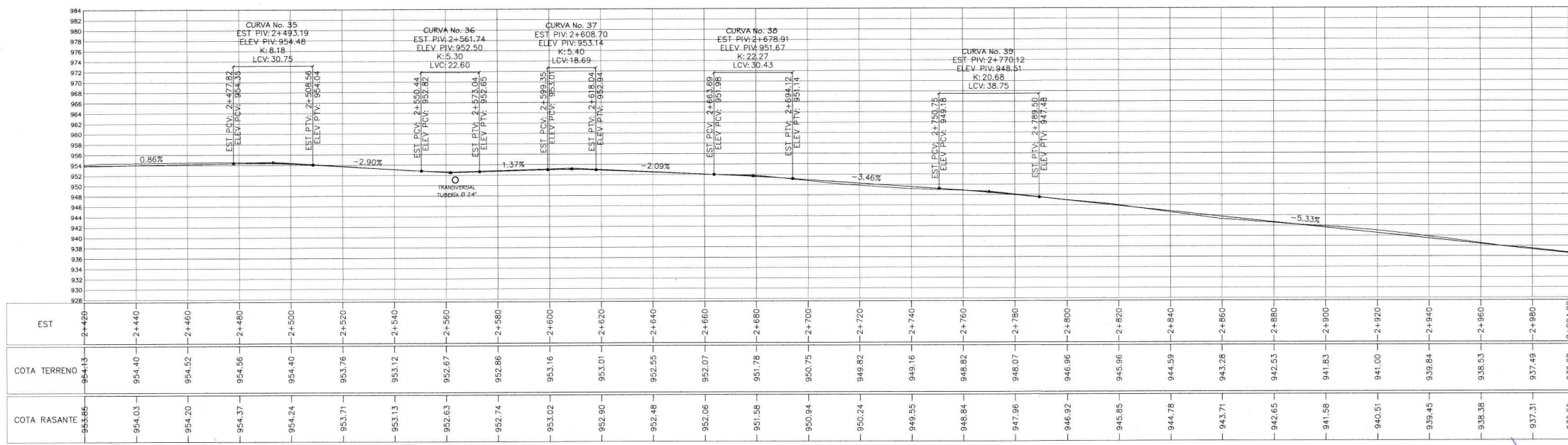


SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA HORIZONTAL
⊗	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA
□	TRANSVERSAL EN PLANTA, TUBO DE Ø 30"
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
ELEV PCV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PTV	PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
ELEV PTV	ELEVACIÓN PRINCIPIO DE TANGENCIA VERTICAL
K	COEFICIENTE DE CURVA VERTICAL
S %	PENDIENTE DE TERRENO
○	TRANSVERSAL EN PERFIL, TUBO DE Ø 30"
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
- - -	TERRENO EN PERFIL
— — —	RASANTE EN PERFIL



PARÁMETROS DE CURVAS	
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
ST	SUBTANGENTE
Δ	DELTA
M	ORDENADA MEDIA
CM	CURVA MÁXIMA
E	EXTERNAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PI	PUNTO DE INFLEXIÓN
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA

PERFIL LONGITUDINAL

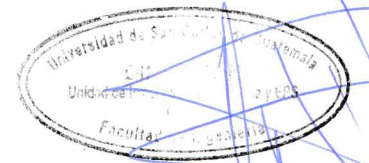


LIBRETA TOPOGRÁFICA

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA (m)	COTA
57	58	51°16'45"	20.45	954.321
58	59	45°02'07"	44.36	954.588
59	60	53°14'02"	21.60	954.628
60	61	61°52'00"	53.45	952.913
61	62	62°06'03"	16.15	952.622
62	63	62°58'59"	2.00	952.632
63	64	50°08'36"	43.93	953.290
64	65	50°34'25"	57.38	951.937
65	66	61°36'18"	14.72	951.791
66	67	86°47'33"	30.80	950.136
67	68	96°11'45"	27.53	949.170
68	69	105°30'10"	30.74	948.654
69	70	105°40'20"	22.57	947.359
70	71	83°39'05"	22.58	946.274
71	72	68°59'37"	43.20	943.330
72	73	88°41'21"	10.50	942.951
73	74	109°16'55"	37.95	941.603
74	75	95°36'11"	17.15	940.792
75	76	92°59'07"	21.40	939.499
76	77	121°47'17"	23.75	937.871
77	78	134°37'01"	10.50	937.466
78	79	168°31'48"	13.87	936.689

PLANTA - PERFIL DE 2+420 A 2+994

ESCALA H: 1/1,000
ESCALA V: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

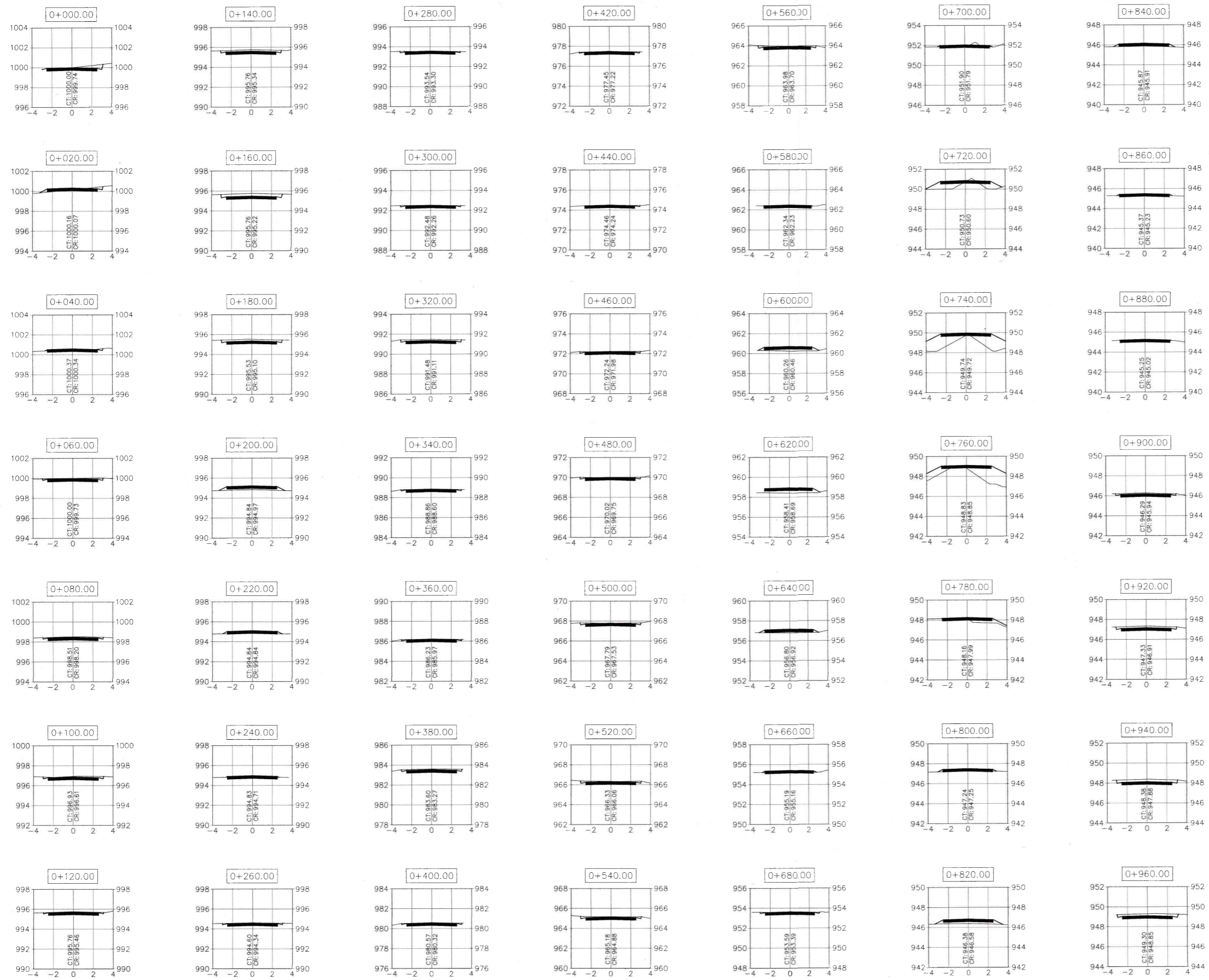
PROYECTO:
DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO: PLANTA - PERFIL ESCALA: INDICADA

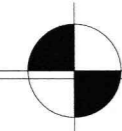
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ Vo. Bo.	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
---	--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------

HOJA: 7 DE 11

f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ



[Handwritten signature in blue ink]



SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+000 A 0+960

ESCALA H: 1/200
ESCALA V: 1/200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

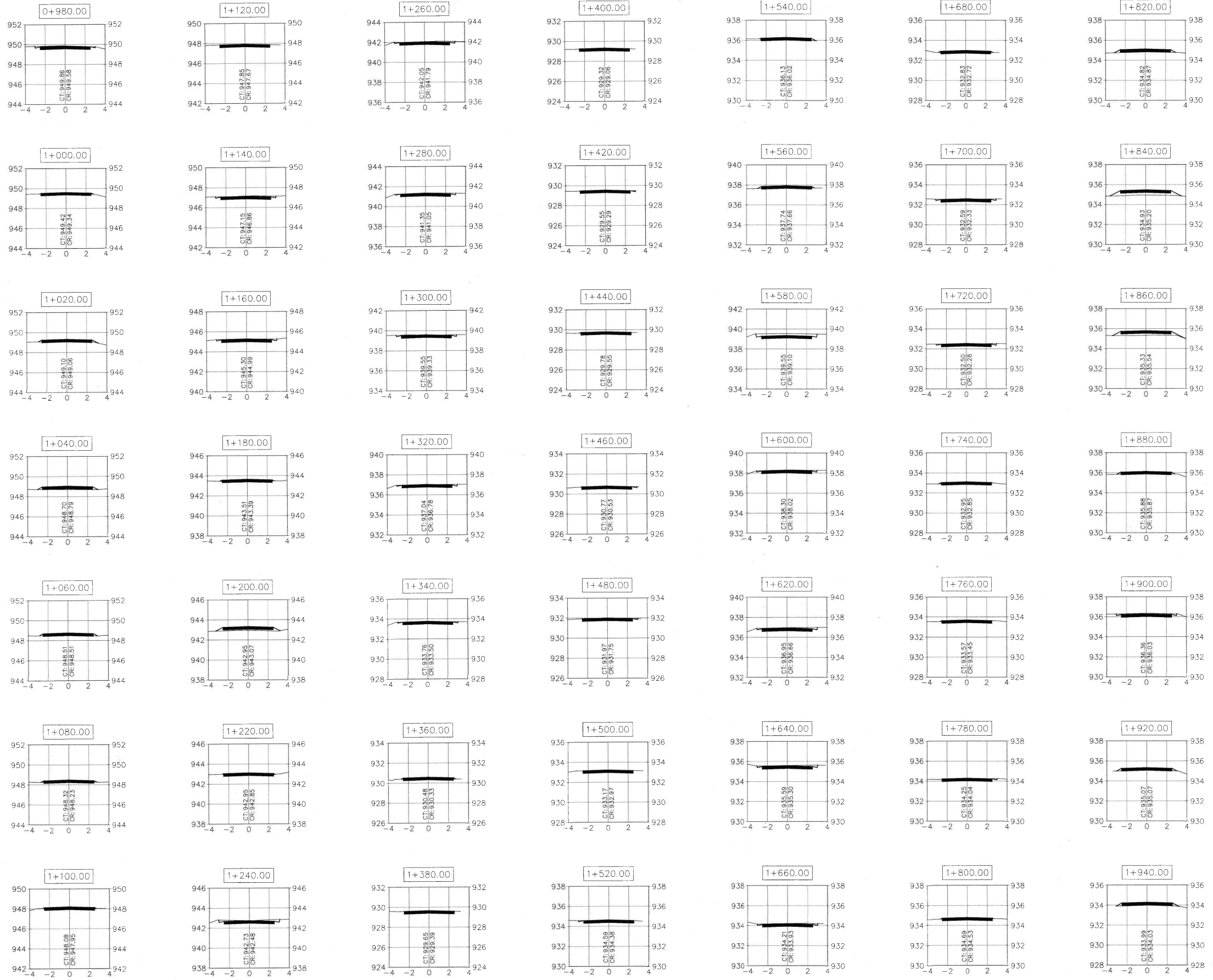
PROYECTO:
DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA: INDICADA
---------------------------------------	---------------------

DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ Vo. Bo.	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
---	--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------

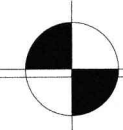
HOJA: 8 DE 11

Asesor: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ



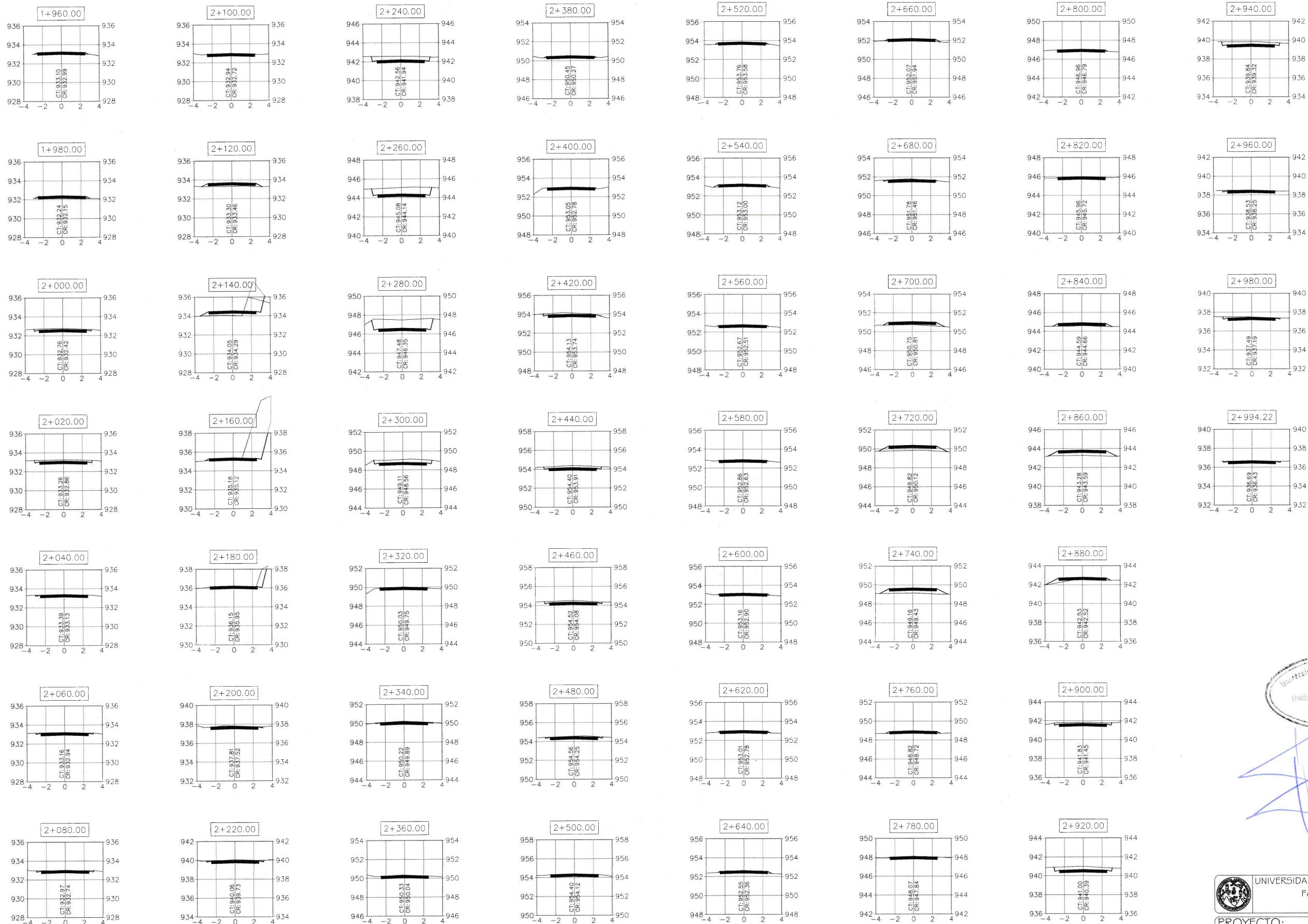
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

PROYECTO: DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.			
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES			ESCALA: INDICADA
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ Vo. Bo.	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
HOJA: 9 DE 11			ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

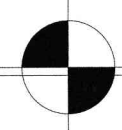


SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+980 A 1+940

ESCALA H: 1/200
ESCALA V: 1/200



Handwritten signature in blue ink over the official stamp.



SECCIONES TRANSVERSALES DE 1+960 A 2+994

ESCALA H: 1/200
ESCALA V: 1/200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E. P. S.

PROYECTO:
DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CONTENIDO:
SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA:
INDICADA

DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ
FECHA: OCTUBRE 2022

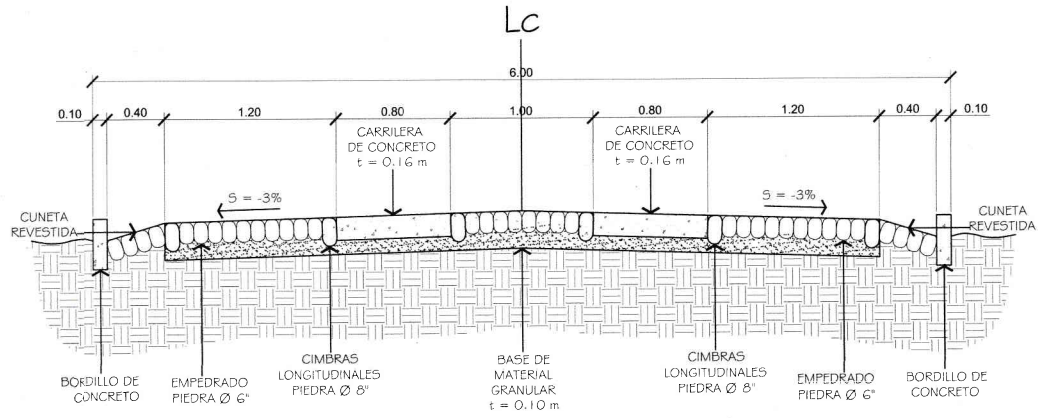
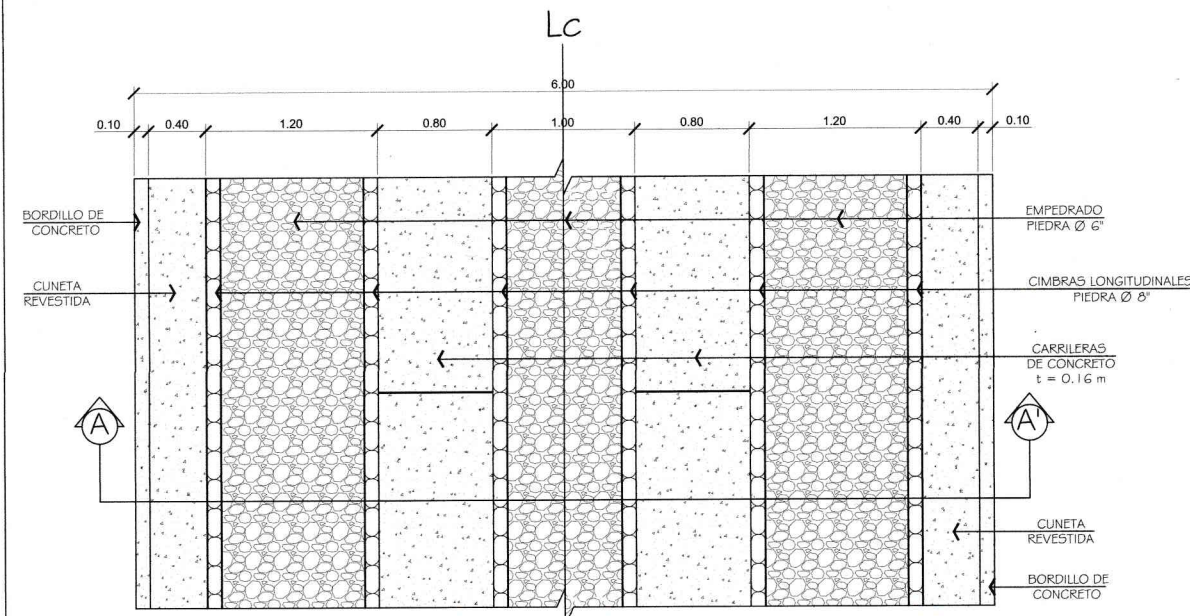
HOJA:
10 DE 11

f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ



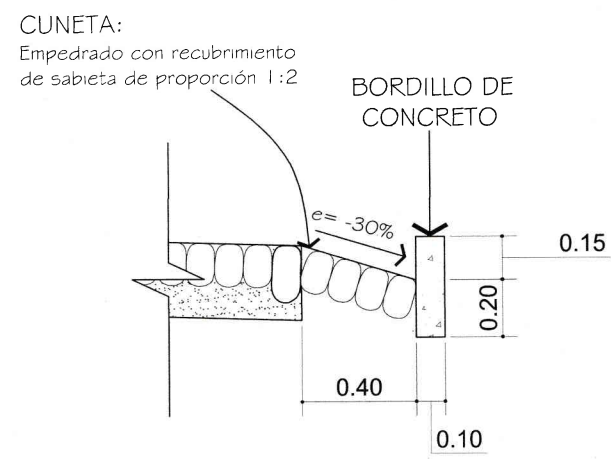
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- CARRILERAS:**
- Cemento:**
 - El cemento a utilizar será de 4000 PSI.
 - Ningún cemento podrá utilizarse cuando tenga más de un mes de almacenamiento. El lugar destinado para el almacenamiento del cemento (bodega) deberá garantizar la inalterabilidad del mismo.
- Arena:**
 - Estará compuesta de partículas duras, libres de material orgánico. También deberá estar libre de materiales que puedan reducir la resistencia y durabilidad del cemento.
- Piedrín:**
 - Será de roca triturada o grava, deberá estar formado de partículas duras, resistentes y limpias, deberá tener un diámetro mínimo = 3/4" y un máximo de = 1".
- Agua:**
 - El agua que se utilice para la elaboración del concreto, deberá estar limpia y libre de materia orgánica y con humedad mínima. El volumen de agua a emplearse deberá ser el óptimo, con el que se obtenga una mezcla trabajable con la resistencia deseada.
- Mezclado:**
 - Todo el concreto a utilizar será mezclado a máquina sin excepción y vibrado mecánicamente. La proporción será: 1 : 2.3 : 3.2 : 0.57
 - El tiempo de mezclado deberá ser por lo menos 1 1/2 minutos después de que todos los materiales estén colocados dentro de la mezcladora.
- Calidad del concreto:**
 - Es responsabilidad del contratista diseñar la mezcla para obtener la resistencia específica. La resistencia a la compresión del concreto deberá ser de 4000 PSI a los 28 días.
- Formaleta:**
 - El contratista será responsable del diseño de la formaleta a utilizar.
- EMPEDRADO:**
- La excavación será a mano o a máquina, hasta el nivel indicado en planos.
 - Las piedras para la capa empedrada deben tener un tamaño adecuado y las dimensiones de las piedras a utilizar serán de 10 cm a 15 cm para el empedrado y para las cimbras será de 20 cm a 25 cm, al empedrado se le debe aplicar una capa de material granular para llenar las fisas entre las piedras.
 - El empedrado se colocará sobre una base de material selecto de 10 cm de espesor con una compactación máxima del 95%. La compactación deberá ejecutarse con equipo mecánico y una humedad óptima a un mínimo del 95%.
- DRENAJE TRANSVERSAL:**
- El muro se construirá de concreto ciclópeo, con un 60% del volumen de concreto y un 40% del volumen de piedra bola de canto rodado.
 - La tubería será de concreto con un diámetro de 24" y con una pendiente de 3% en dirección del flujo.

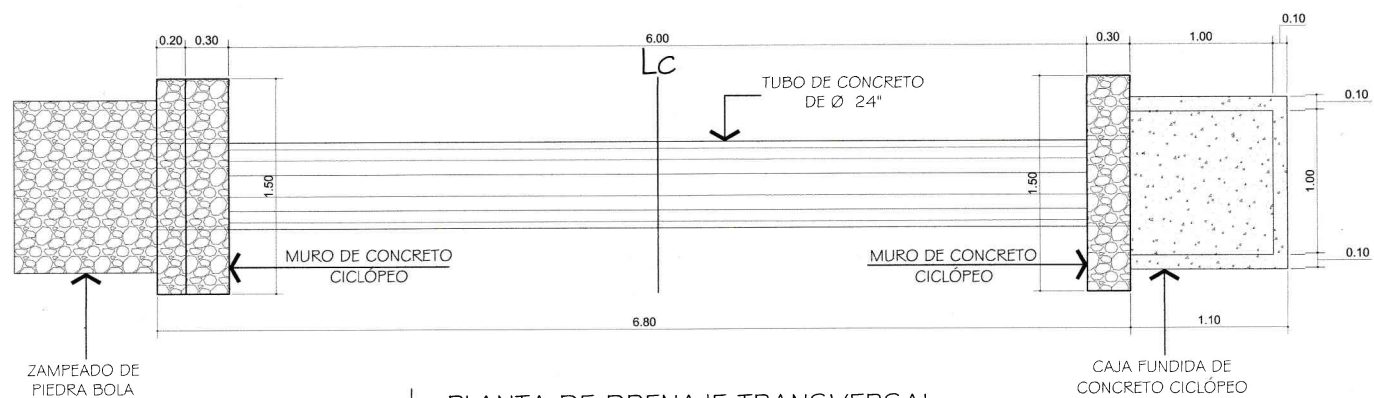


SECCIÓN A - A'
 EMPEDRADO + CARRILERAS DE CONCRETO ESCALA: 1/50

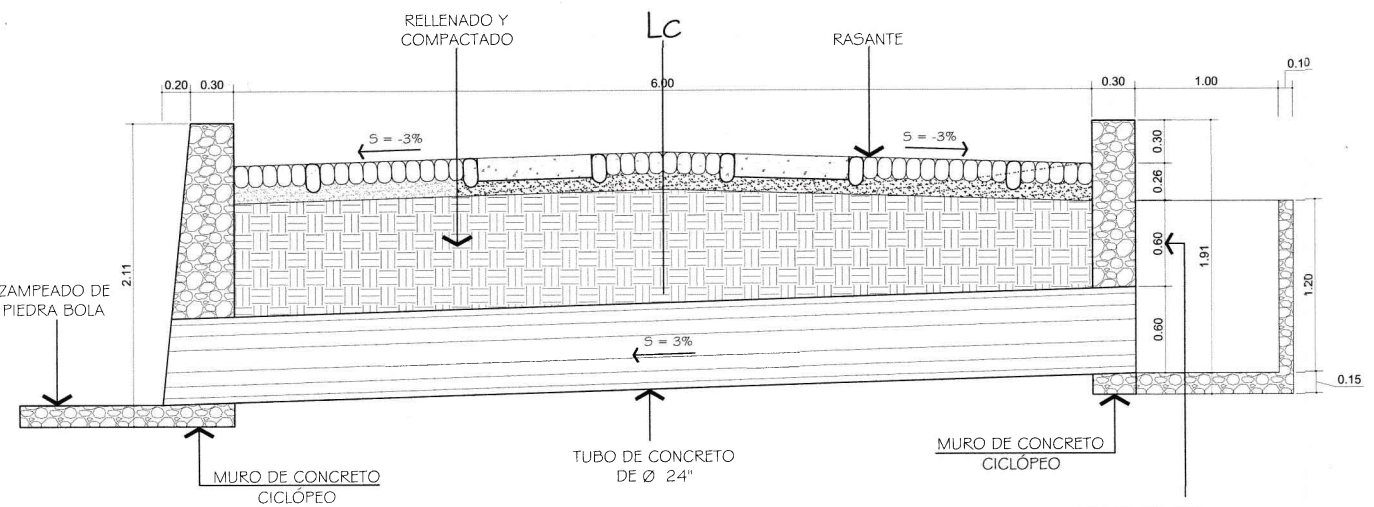
DETALLE PLANTA
 EMPEDRADO + CARRILERAS DE CONCRETO ESCALA: 1/50



DETALLE DE CUNETA REVESTIDA
 EMPEDRADO + CARRILERAS DE CONCRETO ESCALA: 1/10

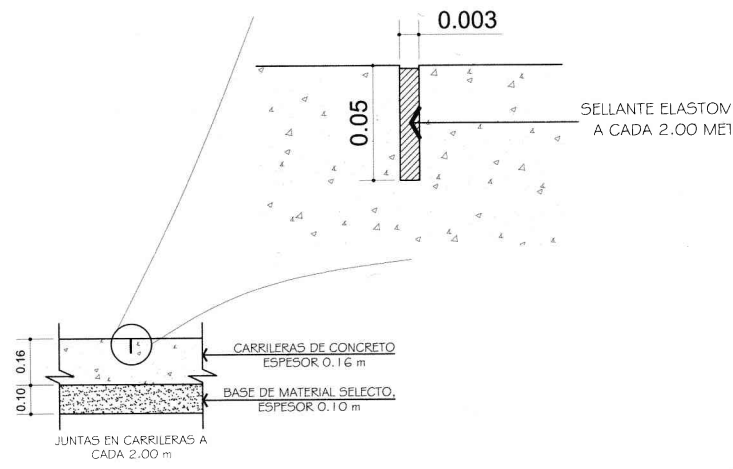


PLANTA DE DRENAJE TRANSVERSAL
 EMPEDRADO + CARRILERAS DE CONCRETO ESCALA: 1/50

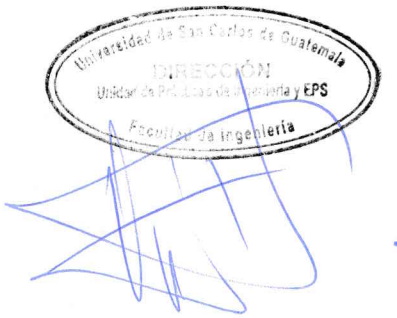


DETALLE DE DRENAJE TRANSVERSAL
 EMPEDRADO + CARRILERAS DE CONCRETO ESCALA: 1/50

ALTURA DE RELLENO:
 No menor de 600 milímetros, según sección 205.12 del libro de ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES.




DETALLE DE JUNTA TRANSVERSAL
 EMPEDRADO + CARRILERAS DE CONCRETO ESCALA: 1/10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FACULTAD DE INGENIERÍA	
UNIDAD DE E. P. S.			
PROYECTO: DISEÑO DE EMPEDRADO CON CARRILERAS DE CONCRETO DE LA ALDEA CHICAJALAJ, COMITANCILLO, SAN MARCOS.			
CONTENIDO: DETALLES		ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	DIBUJO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	CÁLCULO: JOSÉ LUIS FELICIANO TÉMAJ	FECHA: OCTUBRE 2022
Vo. Bo.			HOJA: 11 DE 11
f) ASESOR: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ			

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo triaxial



Municipalidad de Comitancillo
 Comitancillo, San Marcos, Guatemala, C. A.
 3ra y 4ta. Calle, 4ta. Avenida Zona 1.
 email: municomitancillo@hotmail.com

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN ESCUELA, CASERÍO LOMA LINDA, COMITANCILLO, SAN MARCOS.

CALICATA No. I

Probeta No.:	1	2	3
Presion en rotura σ (ton/m ²)	9.80	23.83	38.10
Presion Lateral (TON/M ²)	5	10	20
Presion intersticial u (ton/m ²)	x	x	x
Deformacion en rotura (%)	2.0	4.0	6.0
Densidad sec = (Ton/m ³)	1.35	1.35	1.35
densidad humeda= Ys (Ton/m ³)	1.64	1.64	1.64
% de humedad.:	20.7	20.7	20.7
Dimensiones y tipo de la probeta.:	2" x 4"	2" x 4"	2" x 4"

COHESION EN .: 3.0 Ton/m²

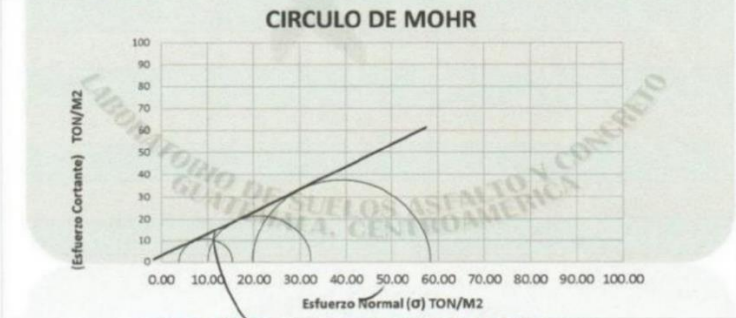
ϕ DE FRICCION INTERNA.: 30.0 $^{\circ}$

eficiente de seguridad:


1	2
22.48	11.24

Vs= valor soporte del suelo ton/m² Terzagui

CIRCULO DE MOHR




MUESTRA TRAZA AL LABORATORIO POR EL INTERESADO.



Lic. Héctor López Ramírez
 Alcalde Municipal
 Municipalidad de Comitancillo, San Marcos.

Fuente: Municipalidad de Comitancillo, San Marcos. *Construcción de escuela, caserío Loma Linda, Comitancillo, San Marcos.* p 2.

Anexo 2. Ensayo de límites de Atterberg



Municipalidad de Comitancillo
 Comitancillo, San Marcos, Guatemala, C. A.
 3ra y 4ta. Calle, 4ta. Avenida Zona 1.
 email: municomitancillo@hotmail.com

INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE COMITANCILLO, SAN MARCOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO CAMINO RURAL CON EMPEDRADO, CARRILAS Y BORDILLOS DE CONCRETO, ALDEA CHICAJALAJ, MUNICIPIO DE COMITANCILLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

FECHA: AGOSTO DEL 2021

LIMITES

LIMITES								
LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			LIMITES E INDICES		ESPECIFICACION
TARRO	1	2	3	TARRO	1	2	LL	48.57
P.B.H.	45.30	46.30	43.30	P.B.H.	21.30	21.60	L.P.	47.43
P.B.S	36.70	35.90	33.00	P.B.S	19.00	19.20	I.P.	1.15
TARA	14.20	14.30	14.10	TARA	14.20	14.30		
P.N.S	21.50	21.60	18.90	P.N.S	4.80	4.90	I.G.	0
DIF.	9.60	10.40	10.30	DIF.	2.30	2.30	CLASIFICACION	
% HUMEDAD	44.85	48.15	54.50	% HUMEDAD	47.92	46.94	A-5	
No. GOLPES	36.00	26.00	10.00	% PROMEDIO	47.4%			
% HUMEDAD=			48.6%					


PESO UNITARIO SUELTO

ENSAYO No.	1
P.B.S. (Kg)	4.75
TARA (kg)	0.30
P.N.S. (kg)	4.45
P.U.S. (Lb/pie ³)	50.19

PESO UNITARIO (Lb/pie³) 50.19

P.U.S. MAXIMO PROCTOR (Lb/pie³) 86.50


% DE CONTRACCION: 41.97%



Lic. Héctor López Ramírez
 Alcalde Municipal
 Municipalidad de Comitancillo, San Marcos.

Fuente: Municipalidad de Comitancillo, San Marcos. *Mejoramiento camino real, con empedrado, caserío Loma Linda, Comitancillo, San Marcos.* p. 4.

Anexo 3. Ensayo de Granulometría



Municipalidad de Comitancillo
 Comitancillo, San Marcos, Guatemala, C. A.
 3ra y 4ta. Calle, 4ta. Avenida Zona 1.
 email: municomitancillo@hotmail.com

INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE COMITANCILLO, SAN MARCOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO CAMINO RURAL CON EMPEDRADO, CARRILERAS Y BORDILLOS DE CONCRETO, ALDEA CHICAJALAJ, MUNICIPIO DE COMITANCILLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

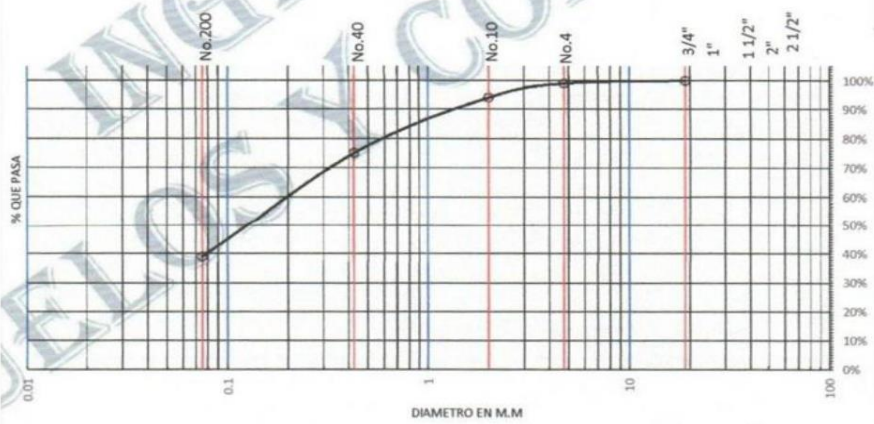
FECHA: AGOSTO DEL 2021


GRANULOMETRIA (AASHTO T-27 Y T-11)

MUESTRA TOTAL									
Peso Bruto Seco PBS						1,290.00 g			
Tara						290.00 g			
Peso Neto Seco PNS						1,000.00 g			

TAMIZ (Pulgadas)	ABERTURA (mm)	PESO BRUTO gr	Tara gr	PESO NETO gr	% PASA	ESPECIFICACIONES	GRAVA	1.00%
1 1/2	63.00	1,200.00	200	1000.00	100.00%		ARENA	60.00%
1	50.00	1,200.00	200	1000.00	100.00%		FINOS	39.00%
3/4	19.00	1,200.00	200	1000.00	100.00%		Cu=	N.P
No. 4	4.75	1,190.00	200	990.00	99.00%		Cc=	N.P
No. 10	2.00	1,140.00	200	940.00	94.00%		D ₁₀	0.00 mm
No. 40	0.425	950.00	200	750.00	75.00%		D ₃₀	0.00 mm
No. 200	0.075			390.00	39.00%		D ₆₀	0.20 mm

Gráfico de Análisis Granulométrico por Tamizado






Lic. Héctor López-Ramírez
 Alcalde Municipal
 Municipalidad de Comitancillo, San Marcos.

Fuente: Municipalidad de Comitancillo, San Marcos. *Granulometría (AASHTO T-27 Y T-11).*

Anexo 4. Ensayo de compactación



Municipalidad de Comitancillo
 Comitancillo, San Marcos, Guatemala, C. A.
 3ra y 4ta. Calle, 4ta. Avenida Zona 1.
 email: municomitancillo@hotmail.com

No. Ensayo: CAL. 010/20

PROCTOR MODIFICADO AASHTO T- 180

INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE COMITANCILLO, SAN MARCOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO CAMINO RURAL CON EMPEDRADO, CARRILERAS Y BORDILLOS DE CONCRETO, ALDEA CHICAJALAJ, MUNICIPIO DE COMITANCILLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

FECHA: AGOSTO DEL 2021

P.B.H. (Lbs)	TARA (Lbs)	P.N.H. (Lbs)	P.U.H. (Lb/ Pie ³)	TARRO (grs)	TARA (grs)	P.B.S. (grs)	DIF (grs)	P.N.S. (grs)	% HUM.	PRCM. HUM %	P.U.S. (Lb/ Pie ³)
11.687	8.56	3.13	93.80	28.70	14.20	27.00	1.70	12.80	13.281	12.84	83.12
				28.70	14.20	27.10	1.60	12.90	12.403		
11.973	8.56	3.41	102.39	27.80	14.10	25.70	2.10	11.60	18.103	18.49	86.42
				26.80	14.20	24.80	2.00	10.60	18.868		
11.995	8.56	3.44	103.06	27.70	14.00	25.10	2.60	11.10	23.423	22.78	83.94
				28.90	14.00	26.20	2.70	12.20	22.131		
11.995	8.56	3.44	103.06	25.20	14.00	22.80	2.40	8.80	27.273	27.17	81.04
				25.10	14.30	22.80	2.30	8.50	27.059		

% HUMEDAD VRS P. U. S

P. U. S (Lb/pie³)


% HUMEDAD

% H	P.U.S PROCTOR	
	Lb/pie ³	kg/m ³
18.50	86.50	1384.30

OBSERVACIONES:
AASHTO T-180

AGUA
 INICIAL: 100 CC
 SEG. CON: 150 CC.

NOTA:
- MUESTRA DE MATERIAL TOMADA EN CAMPO



Lic. Héctor López Ramírez
 Alcalde Municipal
 Municipalidad de Comitancillo, San Marcos.

Fuente: Municipalidad de Comitancillo, San Marcos. *Proctor modificado AASHTO T-180*. p. 15.

Anexo 5. Ensayo de razón soporte California (CBR)



Municipalidad de Comitancillo

Comitancillo, San Marcos, Guatemala, C. A.
3ra y 4ta. Calle, 4ta. Avenida Zona 1.
email: municomitancillo@hotmail.com

INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE COMITANCILLO, SAN MARCOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO CAMINO RURAL CON EMPEDRADO, CARRILERAS Y BORDILLOS DE CONCRETO, ALDEA CHICAJALAJ, MUNICIPIO DE COMITANCILLO, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

FECHA: AGOSTO DEL 2021

VALOR SOPORTE C.B.R. AASHTO T 193

COMPACTACION C B R

MOLDE	No. 1	No. 2	No. 3
altura del molde (mm)	116.00	115.00	116.00
N° Capes	5	5	5
N° Golp x Capa	65	30	10
P. U. S proctor	86.50	86.50	86.50
% Humedad optima	18.50	18.50	18.50
Cond. Muestra	ANTES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR
P. Húm. + Molde (kg)	10.47	10.65	10.14
Peso Molde (kg)	6.99	7.20	7.08
Peso Húmedo (lb)	7.67	7.39	6.75
Vol. Molde (p3)	0.0750	0.075	0.075
P. U. H (lb/p3)	102.29	98.47	89.94
% HUMEDAD	18.500	18.500	18.500
P. U. S	86.318	83.093	76.900
% COMPACTACIÓN	99.789	96.061	87.746

ENSAYO DE HINCHAMIENTO

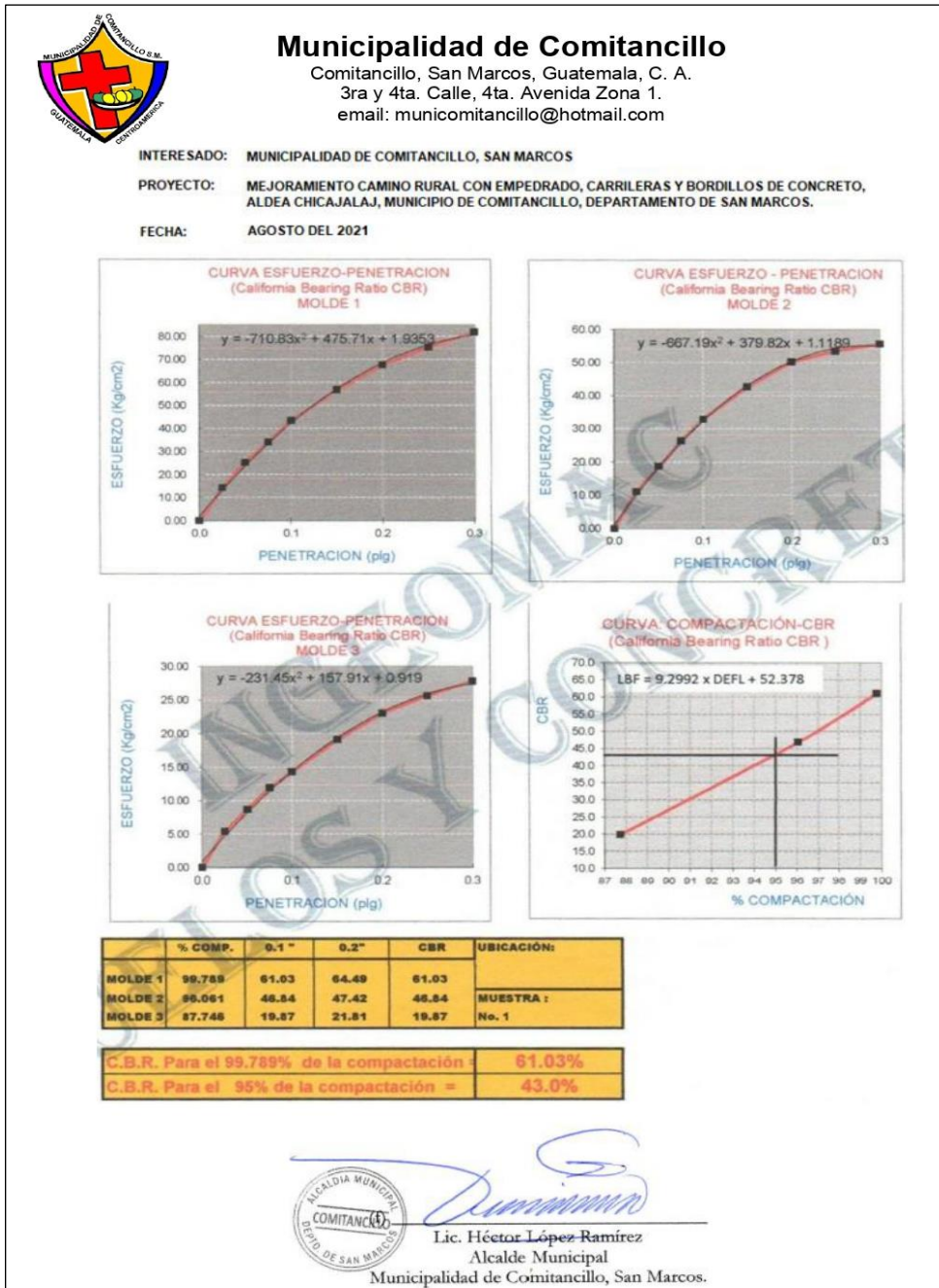
TIEMPO ACUMULADO (Hs)	(Días)	MOLDE No. 1			MOLDE No. 2			MOLDE No. 3		
		LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)	LECTURA DEFORM.	HINCHAMIENTO (mm)	(%)
96	4	0.622	0.622	0.54	0.971	0.971	0.84	1.020	1.020	0.88

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
(mm)	(pulg)	CARGA (lbf)	LECTURA	ESFUERZO (kg/cm2)	CARGA (lbf)	LECTURA	ESFUERZO (kg/cm2)	CARGA (lbf)	LECTURA	ESFUERZO (kg/cm2)
0.00	0.000	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
0.64	0.025	610	60	14.30	471	45	11.03	229	19	5.37
1.27	0.050	1075	110	25.20	796	80	18.66	369	34	8.64
1.91	0.075	1447	150	33.91	1122	115	26.29	508	48	11.90
2.54	0.100	1647	193	43.28	1401	145	32.82	610	60	14.30
3.81	0.150	2424	255	56.79	1919	190	42.63	815	82	19.09
5.08	0.200	2889	305	67.69	2145	225	50.25	982	100	23.02
6.35	0.250	3214	340	75.31	2284	240	53.52	1094	112	25.63
7.62	0.300	3493	370	81.85	2377	250	55.70	1187	122	27.81

Molde	Carga Lbf 0.10"	Carga Lbf 0.20"	CRB		CBR		corregidos		corregidos	
			0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"	0.10"	0.20"
No. 1	1847	2889	61.57	64.19	43	68	61	64		
No. 2	1401	2145	46.69	47.66	33	50	47	47		
No. 3	610	982	20.34	21.83	14	23	20	22		

Continuación del anexo 5.



Fuente: Municipalidad de Comitancillo, San Marcos. Valor soporte C.B.R. AASHTO T 193.

p. 16-17.