



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

**DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
HACIA LA ALDEA CONACASTE Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA
CAPACITACIÓN DE LA MUJER, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA**

Elí Samuel Pérez Ramírez

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
HACIA LA ALDEA CONACASTE Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA
CAPACITACIÓN DE LA MUJER, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ELÍ SAMUEL PÉREZ RAMÍREZ
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
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 LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA
HACIA LA ALDEA CONACASTE Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA
CAPACITACIÓN DE LA MUJER, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 6 de julio de 2013.


Eli Samuel Pérez Ramírez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 08 de enero de 2015
Ref.EPS.DOC.01.01.15

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Eli Samuel Pérez Ramírez** con carné No. **200320450**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA CONACASTE Y LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA MUJER, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Área de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo
JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
23 de febrero de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA CONACASTE Y LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA MUJER, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Eli Samuel Pérez Ramírez, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

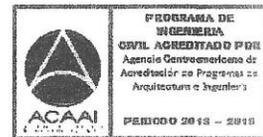
ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
20 de abril de 2015

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

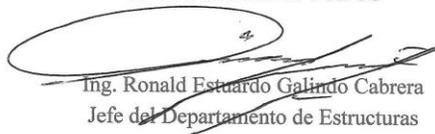
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA CONACASTE Y LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA MUJER, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Elí Samuel Pérez Ramírez, con Carnet No. 200320450, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

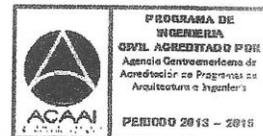

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 23 de abril de 2015
Ref.EPS.D.185.04.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA CONACASTE Y LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA MUJER, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Eli Samuel Pérez Ramírez, carné 200320450**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Eli Samuel Pérez Ramírez, titulado **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA CONACASTE Y LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA MUJER, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio 2015.

/bbdeb.

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



Universidad de San Carlos
de Guatemala

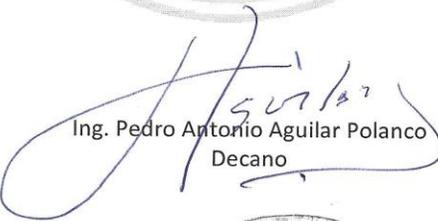


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 330.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA CONACASTE Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA CAPACITACIÓN DE LA MUJER, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario: **Eli Samuel Pérez Ramírez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, 13 de julio de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mamá Gila

Por darme la vida y por todos los sacrificios que hizo para que hoy estuviese aquí.

Mamá Verónica

Por apoyarme siempre y ser una madre durante mí carrera universitaria.

Mis hermanas

Iris Carolina y Elizabeth Pérez, porque siempre confiaron en mí.

Mi hermano

Julio Antonio Pérez (q. e. p. d). Sé que estaría muy orgulloso de mí.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi alma máter.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme el conocimiento técnico y científico.

Mecánica de Suelos

A todo el equipo de la Sección de Mecánica de Suelos, por brindarme su amistad y compartir su conocimiento.

Ing. Juan Merck Cos

Por apoyarme siempre durante todo el camino y ser un excelente asesor.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de la aldea El Conacaste.....	1
1.1.1. Características físicas.....	2
1.1.2. Ubicación y localización.....	2
1.1.3. Colindancias	2
1.1.4. Topografía	2
1.1.5. Clima	2
1.1.6. Tipo de vivienda y actividad económica	3
1.1.7. Población y demografía	3
1.2. Características de infraestructura.....	3
1.2.1. Vías de acceso	3
1.2.2. Servicios públicos	4
1.2.2.1. Educación.....	4
1.2.2.2. Salud	4
1.2.2.3. Agua potable.....	4
1.2.2.4. Drenajes	5
1.2.2.5. Energía eléctrica.....	5

1.3.	Características socioeconómicas.....	5
1.3.1.	Origen de la comunidad.....	5
1.3.2.	Actividad económica.....	5
1.3.3.	Idioma y religión.....	6
1.4.	Diagnóstico sobre las necesidades básicas e infraestructura de la aldea El Conacaste, Chiquimula	6
1.5.	Descripción de necesidades.....	6
1.6.	Evaluación y priorización de necesidades.....	7
2.	FASE DEL EJERCICIO TÉCNICO PROFESIONAL, DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA EL CONACASTE, CHIQUIMULA	9
2.1.	Descripción del proyecto	9
2.2.	Levantamiento topográfico	9
2.2.1.	Levantamiento planimétrico.....	10
2.2.2.	Levantamiento altimétrico.....	10
2.3.	Estudio de suelos para subrasante	10
2.3.1.	Granulometría.....	10
2.3.2.	Límites de Atterberg	11
2.3.3.	Ensayo de compactación de Proctor modificado.....	11
2.3.4.	Ensayo de valor soporte CBR.	12
2.3.5.	Análisis de resultados.....	13
2.4.	Estudio de suelos para balasto.....	14
2.4.1.	Granulometría.....	14
2.4.2.	Límite líquido	15
2.4.3.	Índice de plasticidad	15
2.4.4.	Ensayo de peso unitario suelto (PUS)	15
2.4.5.	Análisis de resultados.....	16
2.5.	Capa de balasto	16

2.6.	Normas para el diseño de caminos rurales	17
2.6.1.	Criterios generales.....	17
2.7.	Diseño geométrico de carretera	18
2.7.1.	Cálculo de elementos de curvas horizontales	18
2.7.2.	Ejemplo de cálculo de curvas horizontales.....	21
2.7.3.	Curvas de transición	22
2.7.4.	Bombeo	23
2.7.5.	Peralte	23
2.7.6.	Sobreechancho	24
2.8.	Alineamiento vertical	25
2.8.1.	Velocidad de diseño	25
2.8.2.	Pendientes mínima y máxima.....	29
2.8.3.	Curvas verticales	29
2.9.	Diseño de subrasante.....	32
2.10.	Movimiento de tierras	34
2.10.1.	Cálculo de área.....	34
2.10.2.	Cálculo de volúmenes	36
2.10.3.	Balances.....	39
2.10.4.	Diagrama de masas.....	40
2.11.	Drenaje.....	41
2.11.1.	Drenaje transversal.....	41
2.11.2.	Cunetas	45
2.12.	Elaboración de planos	48
2.13.	Elaboración de presupuesto	49
2.13.1.	Resumen de presupuesto.....	49
2.14.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	50
2.15.	Evaluación de Impacto Ambiental Inicial	51

3.	DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA MUJER.....	57
3.1.	Descripción del proyecto	57
3.2.	Descripción del área disponible.....	57
3.3.	Levantamiento topográfico	57
3.4.	Estudio de suelos	58
3.4.1.	Determinación de valor soporte del suelo.....	58
3.5.	Normas de diseño	60
3.5.1.	Criterios generales.....	60
3.5.2.	Criterios de iluminación	61
3.5.3.	Otros criterios	61
3.6.	Diseño arquitectónico	62
3.6.1.	Ubicación del edificio	62
3.6.2.	Distribución de ambientes	62
3.6.3.	Altura del edificio	62
3.7.	Selección de sistema estructural	63
3.7.1.	Predimensionamiento de elementos.....	63
3.7.2.	Cargas de diseño.....	70
3.7.3.	Fuerza sísmica	75
3.7.3.1.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos	80
3.7.4.	Análisis de marcos dúctiles por método de Kani y comprobación a través de software ETABS	82
3.7.5.	Envolvente de momentos	97
3.7.6.	Diagrama de corte y momento	98
3.7.7.	Diseño de losa.....	100
3.7.8.	Diseño de viga.....	102
3.7.9.	Diseño de columnas	111
3.7.10.	Diseño de gradas.....	130

3.7.11.	Diseño de cimientos	139
3.8.	Instalaciones.....	159
3.8.1.	Agua potable.....	159
3.8.2.	Drenajes	161
3.8.3.	Electricidad	162
3.9.	Elaboración de planos	163
3.10.	Presupuesto	164
3.11.	Evaluación de Impacto Ambiental Inicial	166
CONCLUSIONES		171
RECOMENDACIONES.....		173
BIBLIOGRAFÍA.....		175
APÉNDICES		177
ANEXOS		199

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Poblados de Chiquimula	1
2.	Elementos de curva horizontal.....	19
3.	Componentes de curvas verticales	26
4.	Ejemplo de cómo se toma área de tierra	34
5.	Tipos de secciones transversales	36
6.	Volumen entre secciones del mismo tipo.....	37
7.	Volumen entre secciones de diferente tipo	38
8.	Diagrama de masas <i>versus</i> perfil longitudinal del terreno.	41
9.	Detalle de cuneta	48
10.	Áreas tributarias.....	64
11.	Carga muerta	80
12.	Carga viva.....	80
13.	Carga de sismo.....	81
14.	Carga muerta	81
15.	Carga viva.....	82
16.	Carga de sismo.....	82
17.	Carga muerta distribuida marco x.....	83
18.	Kani para carga muerta	86
19.	Kani para cargas vivas.....	90
20.	Kani para cargas por sismo	93
21.	Carga muerta	95
22.	Carga viva.....	95

23.	Sismo en columnas.....	96
24.	Sismo vigas.....	96
25.	Envolvente de momentos en vigas	98
26.	Envolvente de momentos en columnas	98
27.	Diagrama de corte para vigas	99
28.	Diagrama de corte en columnas	100
29.	Losa para primer y segundo nivel	101
30.	Especificaciones de losa.....	101
31.	Momento de viga sentido Y.....	102
32.	Esfuerzo cortante en viga	103
33.	Detalle de armado del segundo nivel	111
34.	Carga resistente según JC –diseño	125
35.	Detalle de armado de columna	129
36.	Armado final en columna	130
37.	Módulo de gradas	133
38.	Armado final de gradas	138
39.	Corte simple en zapata	146
40.	Corte punzonante en la zapata	148
41.	Armado final de zapata	154
42.	Sección de zapata.....	155
43.	Armado de cimiento corrido	159
44.	Resumen de presupuesto	165

TABLAS

I.	Relación del comportamiento de suelos	13
II.	Resultados obtenidos del laboratorio para subrasante	14
III.	Resultados obtenidos del laboratorio para balasto I	16
IV.	Resultados obtenidos del laboratorio para balasto II	18

V.	Características geométricas de una carretera	20
VI.	Resumen diseño geométrico de curvas horizontales.....	22
VII.	Valores de K para curvas cóncavas y convexas.....	27
VIII.	Resumen de diseño de curvas verticales	32
IX.	Ejemplo de cómo se calcula un área transversal por determinantes	35
X.	Valores de coeficiente de escorrentía	43
XI.	Intensidad de lluvia	44
XII.	Resumen de presupuesto	50
XIII.	Cronograma físico y financiero	51
XIV.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	52
XV.	Espesores mínimos para vigas ACI 318s-08	68
XVI.	Fuerza por nivel I	79
XVII.	Fuerza por nivel II	79
XVIII.	Rigidez en vigas.....	84
XIX.	Rigidez en columnas.....	84
XX.	Factores de giro para primer nivel	85
XXI.	Factores de giro para segundo nivel.....	85
XXII.	Momento fijo carga muerta	86
XXIII.	Momentos finales de carga muerta.....	88
XXIV.	Momentos positivos carga muerta	89
XXV.	Momentos fijos carga viva	89
XXVI.	Momentos finales carga viva.....	91
XXVII.	Momentos positivos para carga viva.....	92
XXVIII.	Momentos finales para cargas por sismo	94
XXIX.	Acero requerido para momentos negativos	110
XXX.	Acero requerido para momento positivo	110
XXXI.	Diámetro y caudal para aparatos sanitarios.....	161
XXXII.	Estudio de Impacto Ambiental Inicial	166

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
As	Área de acero
As máx	Área de acero máximo
As min	Área de acero mínima
Az	Azimut
b	Base unitaria
Cm	Cuerda máxima
Δ	Deflexión
E	Extrenal
G	Grado de curvatura
Km	Kilómetro
d	Peralte efectivo
γconcreto	Peso volumétrico del concreto
γsuelo	Peso volumétrico del suelo
f'c	Resistencia nominal a compresión del concreto
fy	Resistencia a la fluencia del acero
ST	Subtangente
TPD	Tránsito promedio diario

GLOSARIO

Bombeo	Pendiente transversal dada a las coronas de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.
Carril	Superficie de rodamiento que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.
CBR	California Bearing Ratio, o Relacion Soporte California.
Compactación de suelo	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así la densidad y, en consecuencia, la compacidad para soporte de cargas.
Cuneta	Zanja en cada uno de los lados de un camino o carretera, en las cuales el agua superficial circula debido a la acción de la gravedad.
Curva circular simple	Es un arco de curva circular de radio constante que une a dos tangentes.

Especificaciones	Normas que rigen el proceso que se esté considerando.
PVC	Cloruro de Polivinilo (material de tubo plástico).
Sección típica	Es la sección que permanece uniforme, la mayoría de veces en toda la extensión de la carretera.
Subrasante	Nivel del terreno sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento de una carretera o camino.
Suelo	Material con arreglo variable de partículas que dejan entre ellas una serie de poros conectados unos con otros para formar una compleja red de canales de diferentes magnitudes que se comunican tanto con la superficie del terreno, las fisuras y grietas del mismo.

RESUMEN

Al hacer la respectiva investigación sobre las necesidades más urgentes de la aldea El Conacaste, se estableció la carencia de una vía de acceso que garantice la transitabilidad, ya que en época de invierno, el camino se vuelve muy peligroso porque se deteriora, a tal grado que prácticamente la aldea se queda incomunicada.

Así también, la cabecera municipal de Chiquimula aún no cuenta con un lugar exclusivo para que la mujer reciba capacitaciones, por lo que se plantea un proyecto que gracias a la Municipalidad de Chiquimula y en coordinación con los Cocodes del lugar, se propone el diseño de un centro exclusivo para la mujer.

En cuanto al proyecto de la carretera, este consiste en proponer un diseño de una carretera tipo F, ancho de calzada 5,5 metros y carpeta de rodadura de balasto, drenajes transversales de 30 pulgadas y una pendiente máxima del 14 %, en lo referente a la edificación será de 2 niveles, a base de marcos dúctiles con nudos rígidos y losa de concreto reforzado.

OBJETIVOS

General

Elaborar el diseño de mejoramiento de la carretera hacia la aldea El Conacaste y edificación de dos niveles para capacitación de la mujer, Chiquimula, Chiquimula.

Específicos

1. Determinar las necesidades más urgentes en el municipio de Chiquimula, mediante una investigación tipo monográfica, en una de sus aldeas.
2. Cooperar con el desarrollo económico de las aldeas de Chiquimula mediante el mejoramiento vial.
3. Establecer un sistema constructivo para la edificación de un centro de capacitación a nivel departamental.
4. Determinar y comparar los costos constructivos de los proyectos.

INTRODUCCIÓN

Como futuros profesionales egresados de la Universidad San Carlos de Guatemala es un deber devolver algo a la comunidad. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) brinda la oportunidad de hacerlo, esto, por medio de un acercamiento directo con la Municipalidad, que a la vez permite la interacción con miembros de las comunidades (Cocodes) para determinar las necesidades más urgentes en el municipio, ya sea en el casco urbano o bien en las aldeas.

Las necesidades a atender están orientadas a la infraestructura: de una edificación de dos niveles, que servirá para albergar el Centro de Capacitación de la Mujer, así como la infraestructura vial, en este caso una carretera que proveerá una vía de comunicación hacia la aldea El Conacaste, beneficiando de esta manera a 3 725 habitantes directamente y 43 276 indirectamente.

Para ello se propondrán los diseños con procedimientos; los cuales consisten en un juego de planos, especificaciones técnicas y el presupuesto correspondiente.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea El Conacaste

El Conacaste es una de las 39 aldeas del municipio de Chiquimula.

Figura 1. Poblados de Chiquimula



Fuente: Municipalidad de Chiquimula.

1.1.1. Características físicas

A continuación se definirán los aspectos físicos de la aldea El Conacaste.

1.1.2. Ubicación y localización

Se encuentra a 12 kilómetros de la cabecera departamental, a una altitud de 1 014 metros sobre el nivel del mar, las coordenadas geográficas son: latitud norte de $14^{\circ} 51' 26,98''$ y longitud oeste de $89^{\circ} 35' 22,55''$.

1.1.3. Colindancias

Colinda con los caseríos: El Anonal, El Roble Amarillo, El Roble y con las aldeas El Carrizal y El Durazno.

1.1.4. Topografía

Se encuentra en un lugar montañoso, en terrenos que se consideran ondulados en un 20 % y montañosos en un 80 %, cuenta con pendientes pronunciadas en un 75 % del trayecto total y un 24 % de pendientes medias y aproximadamente solo un 1 % son pendientes pequeñas.

1.1.5. Clima

Por ser montañoso, el clima es templado, la temperatura media está en un rango de 23°C a 26° anual, las precipitaciones oscilan entre los 1 000 y 1 400 mm anual, siendo un bosque húmedo subtropical templado.

1.1.6. Tipo de vivienda y actividad económica

Se encuentran tres tipos de construcción, siendo estos: el 15,38 % tienen construcción de *block*, el 15,38 % tiene construcciones de adobe, el 66,15 % tiene construcción de bajareque y el 3,07 % tiene otros tipos de construcción (madera sobre todo). Entre los principales cultivos se pueden mencionar el café y cardamomo.

1.1.7. Población y demografía

Según el último censo municipal efectuado en el 2012, se tienen 534 familias y 3 725 habitantes, de las cuales el 51 % son féminas y 49 % de población masculina.

1.2. Características de infraestructura

Conjunto de elementos o servicios que son considerados necesarios para que pueda funcionar o bien para que se pueda desarrollar actividades.

1.2.1. Vías de acceso

Las vías de acceso a la aldea se limitan a una, la entrada es por el barrio Shusho, con pendientes pronunciadas, las que conducen a la aldea, solo un 10 % de la carretera se tiene con concreto hidráulico, un 90 % con terracería y existe un 1 % de veredas.

1.2.2. Servicios públicos

Las necesidades básicas con las que cuenta son brindadas por instituciones públicas o privadas con el fin de satisfacer una necesidad social determinada.

1.2.2.1. Educación

Cuenta con una escuela, esta tiene solo nivel preprimaria y primario según el último censo escolar efectuado por la Municipalidad de Chiquimula se tienen inscritos en el nivel preprimaria 102 ,en donde el 65 % son niños y el resto niñas, y el nivel primaria tienen 570 niños, con el 70 % de varones y el resto de mujeres.

1.2.2.2. Salud

No cuenta con un establecimiento centro de salud en donde se atiendan las necesidades básicas de las personas, el más cercano se encuentra en la aldea El Barreal, localizada aproximadamente a 14 kilómetros de la aldea.

1.2.2.3. Agua potable

Según datos de la Municipalidad, el 38,46 % de las viviendas cuentan con agua domiciliar y el 61,54 % restantes con instalaciones de agua potable comunales.

1.2.2.4. Drenajes

No cuenta con un sistema de drenajes, para ello se tiene pozos ciegos que los habitantes hacen en los terrenos.

1.2.2.5. Energía eléctrica

Según datos de Deorsa proporcionados a la Municipalidad, se cuenta con este servicio en un 60 % de las casas, quedando el 40 % sin acceso a energía eléctrica.

1.3. Características socioeconómicas

Descripción total económica y sociológica que conforman a la aldea El Conacaste.

1.3.1. Origen de la comunidad

Debido a que no se tienen registros escritos del origen de la comunidad, se habló con el Cocode de la aldea concluyendo en que el origen de la aldea se debe a que en el lugar se encontraba unos árboles de conacaste, y las personas hacían referencia a ellos para indicar el lugar.

1.3.2. Actividad económica

La actividad económica gira en torno a los productos agrícolas, teniendo estos como principal fuente de ingresos. Cerca del 1 % comercializa con ganado.

1.3.3. Idioma y religión

En Chiquimula aún se habla el idioma ch'orti' en algunos municipios pero predomina el idioma español. La religión que predomina en el departamento de Chiquimula y poblados es la cristiana católica, precedida de la cristiana evangélica.

1.4. Diagnóstico sobre las necesidades básicas e infraestructura de la aldea El Conacaste, Chiquimula

En la presente investigación se entrevistaron a líderes de la aldea El Conacaste, obteniendo la siguiente información.

1.5. Descripción de necesidades

Por medio de entrevistas con el alcalde del municipio de Chiquimula y líderes de la aldea, se elaboró un listado de las principales de las cuales se mencionan las siguientes:

- Culminación de un muro de gaviones en un sector de la comunidad: por lluvias del invierno aún está pendiente la culminación del mismo.
- Segunda fase del salón comunal de la aldea: para esta fase se tiene contemplado el techado y repellado.
- Mejoramiento de la carretera hacia la aldea: la actual es de terracería y presenta muchos problemas especialmente, en la época de invierno, es prácticamente intransitable, dificultando el transporte de automotores y por ende los productos.

1.6. Evaluación y priorización de necesidades

Se tomaron en cuenta los criterios que, tanto autoridades municipales como miembros del Cocode externaron, siendo estos los siguientes:

- El balastado de la carretera hacia la aldea es de vital importancia, ya que facilitará el transporte de maquinaria y así terminar los trabajos pendientes.
- Terminado el invierno se estará retomando a las labores para terminar el muro de gaviones y las cunetas para la escorrentía.
- La compra de lámina para techar el salón comunal.

2. FASE DEL EJERCICIO TÉCNICO PROFESIONAL, DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA EL CONACASTE, CHIQUIMULA

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la ampliación y mejoramiento de la carretera existente, para ello se diseñó una carretera tipo F, con una longitud de 2,96 kilómetros. Por ser una región montañosa la velocidad de diseño será de 20 kilómetros por hora, pendiente máxima del 14 %, ancho promedio de 5,5 metros, curvas horizontales y verticales, esto con base en las especificaciones de la Dirección General de Caminos.

2.2. Levantamiento topográfico

Dependiendo del tamaño, tipo del proyecto, habitantes a ser beneficiados, características del terreno, aparatos a emplearse y errores permisibles, los levantamientos topográficos a realizar pueden ser de primero, segundo o tercer orden, dependiendo de la complejidad del proyecto. Para este caso la topografía a utilizar es de primer orden, ya que el tramo es considerablemente pequeño, pero necesita de mucha precisión y los errores deben ser casi imperceptibles.

El método utilizado para carreteras se conoce como poligonal abierta formada por ángulos y tangentes, sin cerrar circuitos.

Por norma se tiene, que tomar medidas cada 20 metros o bien, en donde el terreno tenga cambios significativos de alturas o pasen ríos, tuberías, entre otras.

2.2.1. Levantamiento planimétrico

Se utilizó la estación total marca Leica Tc805 con prisma constante de 30 mm, el procedimiento es: las lecturas de distancia se realizan mediante una onda electromagnética portadora (generalmente microondas o infrarrojos) con distintas frecuencias que rebotan en un prisma ubicado en el punto a medir, tomando el instrumento el desfase entre las ondas. Las lecturas que se obtienen con este instrumento son las de ángulos verticales, horizontales y distancias.

2.2.2. Levantamiento altimétrico

Se utilizó la estación total marca Leica Tc805 con prisma constante de 30 mm.

2.3. Estudio de suelos para subrasante

No todo el material es apto para colocarlo de subrasante, el mismo tiene que tener ciertas características que toman como base el *Libro Azul de Caminos*, los ensayos a realizar son los siguientes:

2.3.1. Granulometría

Consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en una gráfica. El tipo de ensayo que se realizó fue de

análisis granulométrico, con tamices, según la Norma de clasificación AASHTO T-27.

En el ensayo de granulometría se puede observar la cantidad de grava, arena y finos que existe en la subrasante, esto con el fin de que la grava que se encuentre en el suelo sea la admisible, según especificaciones del *Libro Azul de Caminos*, en el cual indica que, de encontrarse con material de tamaño mayor a 10 cm, en los primeros 30 cm superiores a la capa, no cumplirá para fines de subrasante.

2.3.2. Límites de Atterberg

Son indicadores de las propiedades plásticas de los suelos limosos y arcillosos que pueden ser analizadas a través de pruebas empíricas o bien por el ensayo de límites de consistencia. Los análisis de identificación preliminar de suelos finos que se pueden citar son: dilatancia, resistencia en seco, tenacidad y sedimentación.

2.3.3. Ensayo de compactación de Proctor modificado

El ensayo permite conocer las características de compactación de un suelo: humedad óptima y densidad máxima. Existen dos tipos de análisis:

- Proctor estándar
- Proctor modificado

La compactación es el proceso, realizado generalmente, por medios mecánicos, de efectuar presiones sobre el material para mejorar la densidad o

acondicionar mejor el volumen disminuyendo los vacíos. En este ensayo se trabaja con el Proctor modificado, según AASHTO T-180.

2.3.4. Ensayo de valor soporte CBR

El valor relativo de soporte de un suelo (CBR) es un índice de la resistencia al esfuerzo cortante, con condiciones determinadas de compactación y humedad. Es una forma de clasificación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base o subbase en construcción de carreteras.

El CBR es el factor que determinará el diseño de espesores de capas de pavimentos.

Usualmente, el valor se convierte a módulo de valor soporte del suelo (tal como lo hace el método de la AASHTO para diseño de pavimentos flexibles), antes de entrar a tablas de diseño de pavimentos. El valor final de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos (ver tabla I), principalmente, con fines de utilización de base y subrasante bajo pavimentos de carreteras.

Tabla I. **Relación del comportamiento de suelos**

Número de CBR	Clasificación general	Usos
0-3	Muy pobre	subrasante
3-7	pobre a regular	subrasante
7-20	regular	subbase
20-50	bueno excelente	subbase,
50 o más		base

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 191.

El procedimiento para determinar el CBR deberá realizarse como lo indica la Norma AASHTO T-193. Los resultados obtenidos del suelo que conducen hacia la aldea El Conacaste, son del 25 al 95 % de CBR que equivalen al 90 y 95 % de compactación, respectivamente, con lo cual se puede asumir que es un suelo apto para subrasante.

2.3.5. Análisis de resultados

El suelo presenta las características que se muestran en la tabla II.

Tabla II. **Resultados obtenidos del laboratorio para subrasante**

Clasificación	
CSU	SM
PRA	A-2-4
Descripción del suelo	Arena limosa color beige
Límites de Atterberg	Material no plástico
Peso unitario máximo	1,147 T/m ³ (71,6 lb/pie ³)
Humedad óptima	37,50 %
CBR	de 25 al 95 %

Fuente: elaboración propia.

2.4. Estudio de suelos para balasto

No todo el material es apto para colocarlo como carpeta de rodadura, el mismo tiene que tener ciertas características que según las *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes (Libro Azul de Caminos)*.

2.4.1. Granulometría

De acuerdo con los resultados el suelo presenta el 75,01 % de grava, el 17,31 % de arena y el 6,8 % de finos, por lo que se concluye que es un suelo de grava con presencia de arena, clasificándolo según el sistema PRA en: A-1-a.

2.4.2. Límite líquido

Según resultados del laboratorio, el suelo presenta un límite líquido (L.L.) del 29,4 %.

2.4.3. Índice de plasticidad

Los ensayos efectuados en el laboratorio dieron como resultado un índice de plasticidad (I.P.) de 11,7 %.

2.4.4. Ensayo de peso unitario suelto (PUS)

El peso unitario de un agregado es la relación entre el peso de una determinada cantidad de este material y el volumen ocupado por el mismo, considerando como volumen al que ocupan las partículas del agregado y los correspondientes espacios de vacíos.

Hay dos valores para esta relación, dependiendo del sistema de acomodamiento que se le haya dado al material inmediatamente antes de la prueba; la denominación que se le dará a cada uno de ellos será:

Peso unitario suelto (PUS) y peso unitario compacto (PUC). Ambos sirven para establecer relaciones entre volúmenes y pesos de estos materiales.

Los pesos unitarios sirven para determinar el porcentaje de huecos existente en los agregados.

Para el balasto, el *Libro Azul de Caminos* indica que, como mínimo tiene

que tener un PUS de 90 libra/pie³ determinado por el método AASHTO T 19

2.4.5. Análisis de resultados

El suelo presenta las características que se describen en la tabla III.

Tabla III. **Resultados obtenidos del laboratorio para balasto I**

Clasificación	
CSU	GP-GC
PRA	A-1-a
Descripción del suelo	Grava con presencia de arena.
Límites de Atterberg	Material no plástico
Peso unitario máximo	2 002 T/m ³ (124,95 lb/pie ³)
Humedad óptima	6,00 %
CBR	de 60 al 95 %

Fuente: elaboración propia.

2.5. Capa de balasto

Debido a las características plásticas del terreno es necesario que se recubra el camino con una capa de balasto, el banco en donde se encuentra el material a extraer está en la cabecera municipal a no más de 10 kilómetros.

El material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg/metro³ (90 lb/pie³) determinado por el método AASHTO T 19.

El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder de $\frac{2}{3}$ del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros.

El que sea mayor debe ser separado por tamizado en el banco de material. Según las *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos*.

La capa de recubrimiento con balasto no debe de ser menor de 10 ni mayor a 25 centímetros, se utilizará como base los espesores recomendados por Highway Research, dependiendo de la clasificación del material, se propone el espesor de la capa de balasto, para este caso se propone un espesor de 20 centímetros.

Las capas de balasto se deben compactar como mínimo al 95 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180.

2.6. Normas para el diseño de caminos rurales

En el subtítulo siguiente se detallan los criterios generales para la elaboración del diseño.

2.6.1. Criterios generales

Las características de los caminos en Guatemala dependen de la transitividad y las funciones (rutas nacionales, departamentales y caminos vecinales).

Según la Dirección General de Caminos, estas se clasifican de acuerdo al tránsito promedio diario (TPD) como lo muestra la tabla IV.

Tabla IV. **Resultados obtenidos del laboratorio para balasto II**

TIPO DE CARRETERA	T.P.D.	ANCHO DE CALZADA
Tipo A	3,000 a 5,000	2 x 7.20 m
Tipo B	1,500 a 3,000	7.20 m
Tipo C	900 a 1,500	6.50 m
Tipo D	500 a 900	6.00 m
Tipo E	100 a 500	5.50 m
Tipo F	10 a 100	5.50 m

Fuente: Dirección General de Caminos. *Secciones típicas, Departamento de Carreteras*. p. 28.

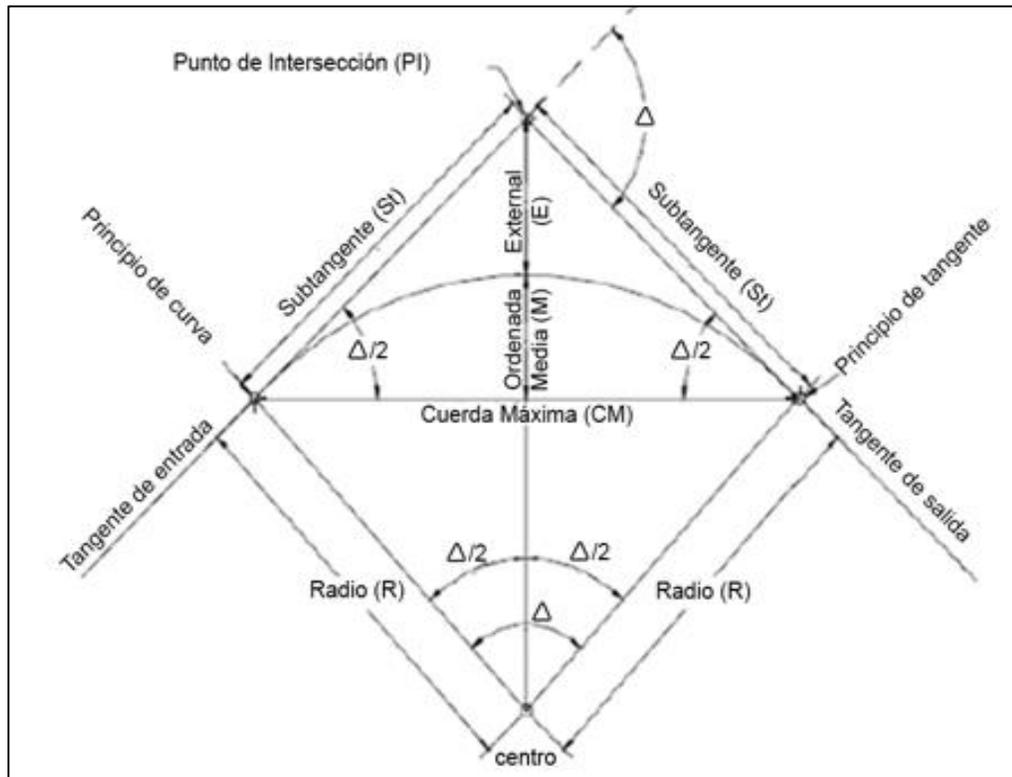
2.7. Diseño geométrico de carretera

Los subtítulos a continuación detallan las condiciones de elaboración del diseño geométrico de la carretera.

2.7.1. Cálculo de elementos de curvas horizontales

Las curvas horizontales forman parte del alineamiento horizontal de una carretera; son arcos de círculo que forman la proyección sobre un plano horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; pueden ser simples (solo una curva circular) o compuestas (formadas por dos o más curvas circulares simples, del mismo sentido o no y diferente radio). Están compuestas por los siguientes elementos:

Figura 2. Elementos de curva horizontal



Fuente: PAIZ MORALES, Byron René. *Guía de cálculo para carreteras*. p. 23.

Para el diseño es necesario establecer un radio de curva en función de las deflexiones. Después se procede al cálculo de las curvas horizontales.

Las normas geométricas de las carreteras variarán según las características topográficas del terreno que atraviesen. Se considerarán los siguientes tipos de terreno; los cuales se muestran en la tabla V.

Tabla V. Características geométricas de una carretera

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL												
T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)
3000 A	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	5000 ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	5000 MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1500 A	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	3000 ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	3000 MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	1500 ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	1500 MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	900 ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	900 MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	500 ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	500 MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	100 ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	100 MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

Fuente: Dirección General de Caminos.

En la tabla V se encuentran los radios que deben tener las curvas horizontales según el grado de curvatura escogido. Se debe tomar en cuenta que la carretera será tipo F, por lo que en teoría, el radio mínimo utilizado deberá ser de 18 metros.

2.7.2. Ejemplo de cálculo de curvas horizontales

Datos: curva 1

Delta: 18,3°

Radio: 50 metros

Grado de curvatura:

$$G = \frac{1\,145,9156}{R} = \frac{1\,145,9156}{50} = 22,92$$

Longitud de curva

$$L_c = \frac{20\Delta}{G} = \frac{20 \cdot (18,3^\circ)}{22^\circ 55' 5,92''} = 15,97 \text{ m}$$

Subtangente

$$St = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 50 \cdot \tan(18,3^\circ/2) = 8,05 \text{ m}$$

Cuerda máxima

$$C_m = 2R \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 \cdot 50 \cdot \sin\left(\frac{18,3^\circ}{2}\right) = 15,90 \text{ m}$$

External

$$E = R \left(\cos\frac{\Delta}{2} \right) - R = 50 \left(\cos\frac{18,3^\circ}{2} \right) - 50 = 0,64 \text{ m}$$

Ordenada media

$$Om = R \left[1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right] = 50.00 \left[1 - \cos \frac{18,3^\circ}{2} \right] = 0,64 \text{ m}$$

Tabla VI. **Resumen diseño geométrico de curvas horizontales**

No. Curva	Radio	Grado de Curvatura G	Deflexion Δ	Long. Curva	External	Ordenada máxima	Cuerda Maxima	Ls	e %	Sa
1	50,00	22,9	18,3	16,0	0,6	0,6	15,9	34	7,50	0,60
2	75,00	15,3	21,0	27,4	1,3	1,2	27,3	23	5,50	0,90
3	90,00	12,7	56,1	88,2	12,0	10,6	84,7	20	4,50	1,00
4	100,00	11,5	85,8	149,7	36,5	26,7	136,1	17	4,20	1,00
5	40,00	28,6	97,1	67,8	20,4	13,5	60,0	39	8,70	0,50
6	35,00	32,7	52,0	31,8	3,9	3,5	30,7	42	9,30	0,50
7	100,00	11,5	13,8	24,1	0,7	0,7	24,0	17	4,20	1,00
8	150	7,6	7,4	19,4	0,3	0,3	19,4	17	2,80	1,00
9	150	7,6	30,3	79,2	5,4	5,2	78,3	17	2,80	1,00
10	120	9,5	52,6	110,2	13,9	12,4	106,4	17	3,50	1,00
11	90	12,7	63,8	100,2	16,0	13,6	95,1	17	4,50	1,00
12	18	63,7	70,9	22,3	4,1	3,3	20,9	38	9,80	0,50
13	100	11,5	8,1	14,1	0,3	0,2	14,1	17	4,20	1,00
14	100	11,5	48,3	84,3	9,6	8,7	81,8	17	4,20	1,00

Fuente: elaboración propia.

2.7.3. **Curvas de transición**

Se le llama así a la curva que tiene variaciones de radio durante todo el perímetro, la función principal es evitar interrupciones en la curva. Estas se combinan entre alineaciones rectas y curvas, para transmitir una transición gradual durante la curvatura y así, garantizar una continuidad dinámica y geométrica entre los diferentes alineamientos.

Las curvas de transición se intercalan entre las alineaciones rectas y las curvas para permitir una transición gradual de curvatura.

La continuidad geométrica va ligada a la anterior, y se refiere a la inexistencia de discontinuidades o puntos angulosos entre los elementos geométricos de dos alineaciones consecutivas, como puedan ser la curvatura o el peralte.

Aparte de servir como enlace de otros tipos de alineaciones, la curva de transición se constituye como una alineación más, puede existir tramos de vía compuestos, exclusivamente, por este tipo de curvas, en este trabajo no se diseñaron curvas de transición debido al tipo de carretera, la cual es tipo F.

2.7.4. Bombeo

Es la pendiente transversal que se le da al camino hacia los lados, para evitar que el agua de lluvia se estanque en la superficie y ocasione problemas de infiltración en las capas de subbase y subrasante, provocando saturación del terreno, ablandándolo; lo cual generará daños a la capa de rodadura. El bombeo sirve para evacuar el agua hacia las cunetas para que no corra longitudinalmente sobre la superficie. El bombeo utilizado en caminos de terracería varía desde 0,5 a 3 %, en este proyecto se utilizó un bombeo de 2 %.

2.7.5. Peralte

Es una inclinación que, generalmente gira alrededor del eje de la carretera, ya que de esta forma, los cambios de elevación de los bordes producen menos distorsión.

El valor máximo que pueda asignarse al peralte debe basarse no solo a los valores prácticos que fijan la velocidad y el rozamiento, sino a la seguridad

y comodidad del conductor, así como a las condiciones climáticas, topográficas, y porcentaje de vehículos pesados que circulan por la vía.

El valor mínimo del peralte con que se diseñará una curva será el que tenga el mismo bombeo de diseño de la calzada del proyecto. La transición del peralte debe efectuar una variación de forma gradual, entre el bombeo y el peralte, que no provoquen cambios bruscos en la pendiente de la calzada.

Uno de los métodos empíricos reparte dos tercios de la longitud al tramo recto y un tercio a la curva. Para mantener la seguridad, la comodidad y apariencia de la carretera se recomienda que la longitud de transición debe ser tal, que la pendiente longitudinal del borde exterior, relativa al eje central no debe ser mayor a lo que equivale una diferencia de pendiente de 0,5 %. Por tratarse de una carretera tipo F y ser un terreno montañoso y ondulado, no se diseñarán las curvas con peralte.

2.7.6. Sobreancho

El sobreancho se utiliza en las curvas horizontales para mantener la misma seguridad al conducir un vehículo en línea recta, ya que, por la inflexibilidad y dimensiones del automotor; la parte trasera sigue una trayectoria distinta a la parte de adelante del mismo, esto dificulta al conductor al momento de mantener el vehículo en el eje del carril de circulación designado.

Por ello es necesario aumentar la calzada en la entrada y regresarla a la normalidad en la salida de cada curva.

2.8. Alineamiento vertical

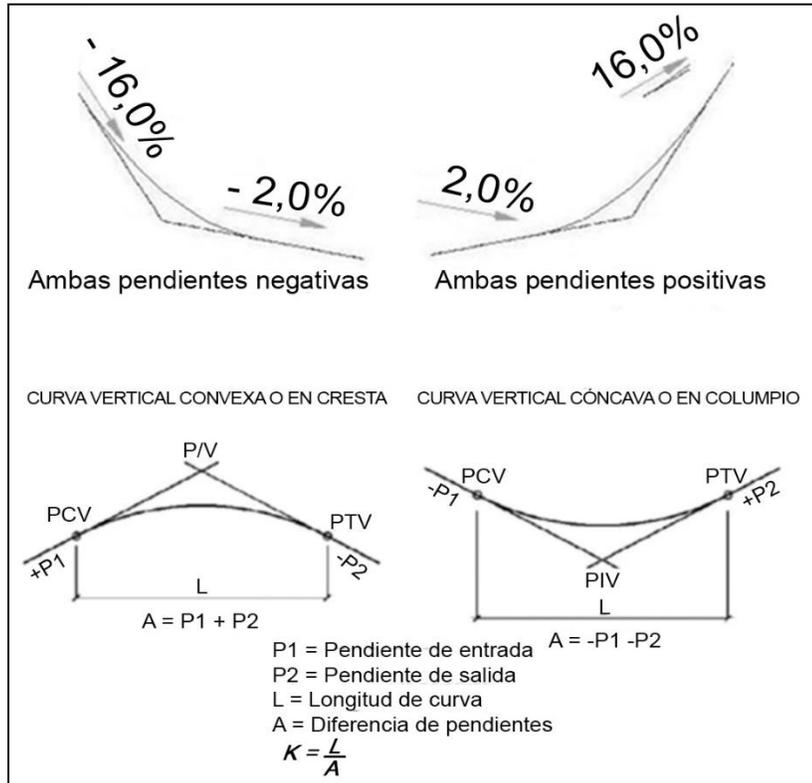
En los proyectos de carreteras, aparte de estar conformadas por curvas horizontales, también lo están por curvas verticales, lo anterior significa que se está trabajando en tres dimensiones; para el diseño y simplificación las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría.

La altimetría o alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la carretera. Al eje de la carretera en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. Los elementos que lo integran son tangentes y curvas verticales; estas pueden ser curvas en ascenso con ambas pendientes positivas (convexas) y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas).

2.8.1. Velocidad de diseño

En el momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de estas para evitar traslapes entre curvas, dejando también, la mejor visibilidad posible a los conductores. En diseños de carreteras para áreas rurales; se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud mínima de curva vertical, la que sea igual a la velocidad de diseño, para este caso: 20 kilómetros por hora.

Figura 3. Componentes de curvar verticales



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 123.

En donde:

Lcv = longitud de curva vertical

K = constante que depende de las velocidades de diseño

A% = diferencia algebraica de pendientes

En la tabla VII se muestran los diferentes valores de K para visibilidad de parada, según la Dirección General de Caminos:

Tabla VII. **Valores de K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: VALLADARES, Jorge Félix. *Guía teórica práctica del curso de vías terrestres 1*. p. 31.

Además existen cuatro criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales, estos son:

Criterio de apariencia

Para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30, \quad \Delta = P_s - P_e$$

En donde:

P_s = pendiente de salida

P_e = pendiente de entrada

Criterio de comodidad

Para curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

Criterio de drenaje

Para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

Criterio de seguridad

Es la visibilidad de parada. La longitud de curva debe permitir que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV = K \cdot A$$

Con este criterio se calcula la longitud de curva central mínima. Para este diseño de carretera no se tomarán en cuenta estos criterios, sin embargo, se presentarán en la tabla VIII para corroborar cuáles cumplen y cuáles no cumplen.

2.8.2. Pendientes mínima y máxima

Una pendiente máxima es la mayor que se permite en un proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

Siendo 14 % para carretera tipo F, la pendiente máxima utilizada en este proyecto es del 14 %, justo en el límite de tolerancia (esto con el fin de minimizar los costos de corte).

Una pendiente mínima es la menor que se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0,5 % mínimo, para garantizar un buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima. Para este proyecto se trabajará con la pendiente mínima de 0,35 %.

2.8.3. Curvas verticales

La finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente, estas pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en el país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a la gran adaptación a las condiciones de terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

Ejemplo de curva vertical:

Parámetros de diseño:

Tipo de región: montañoso, ondulado

Vel. de diseño: 20 Km/h

LCV= 100

PIV = 0+410

$$P1 = \frac{468-500.85}{410-0} \times 100$$

$$P1 = -8,01 \%$$

$$P2 = \frac{473-468}{557-410} \times 100$$

$$P2 = 3,41 \%$$

Ordenada Media (OM)

Distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = \frac{P_2 - P_1}{800} \times LCV$$

$$OM = \frac{3.40 - (-8.01)}{800} * 100$$

$$OM = 1,42625$$

Est. PCV

$$PCV = PIV - LCV/2$$

$$PCV = 410 - 50$$

$$PCV = 360$$

Est. PIV

$$PIV = PIV + LCV/2$$

$$PIV = 410 + 50$$

$$PIV = 460$$

Corrección Y (Y) en el PIV

$$Y = \frac{OM}{\left(\frac{LCV}{2}\right)^2} \left[(PI - X) - \left(\frac{LCV}{2}\right) \right]^2$$

$$Y = \frac{1,42625}{250\,000} * \left(\frac{100}{2} - 410 - 410\right)^2$$

$$Y = 1,42625$$

A continuación, en la tabla VIII se detalla el resumen de curvas verticales:

Tabla VIII. Resumen de diseño de curvas verticales

No. De Curva	EST PIV	NIVEL PIV	Pendiente entrada	Pendiente salida	Diferencia Δ	Tipo de curva	K de Visibilidad	LCV de Diseño	(LCV/Δ)	Criterio de apariencia (curvas conc.)	Criterio de comodidad (curvas conc.)	Criterio de drenaje	LCV por criterio de seguridad	OM	EST PCV	EST PTV	Y	NIVEL PIV CORREGIDO
										(LCV/Δ) >= 30	(LCV/Δ) >= (V ² /395) (V ² /395)=2.284810	(LCV/Δ) <= 43						
BALASTO PROYECTO CHIQUIMULA																		
0	0,00	500,85		-8,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	410,00	468,00	-8,01	3,40	11,41	conc	2	100	8,76424	menor que 30		22,82	1,42625	360	460	1,42625	466,57	
2	557,00	473,00	3,40	-0,66	4,06	conv	1	100	24,6305	menor que 30		4,06	0,5075	507	607	0,5075	472,49	
3	708,00	472,00	-0,66	4,92	5,58	conc	2	100	17,9211	menor que 30		11,16	0,6975	658	758	0,6975	471,30	
4	1033,00	488,00	4,92	7,00	2,08	conc	2	75	36,0577	BIEN		4,16	0,195	995,5	1070,5	0,195	487,81	
5	1333,00	509,00	7,00	9,35	2,35	conc	2	100	42,5532	BIEN		4,7	0,29375	1283	1383	0,29375	508,71	
6	1547,00	529,00	9,35	7,32	2,03	conv	1	100	49,2611	mayor que 43		2,03	0,25375	1497	1597	0,25375	528,75	
7	1793,00	547,00	7,32	12,90	5,58	conc	2	100	17,9211	menor que 30		11,16	0,6975	1743	1843	0,6975	546,30	
8	1948,00	567,00	12,90	11,56	1,34	conc	2	100	74,6269	mayor que 43		2,68	0,1675	1898	1998	0,1675	566,83	
9	2095,00	584,00	11,56	2,35	9,21	conv	1	100	10,8578	menor que 30		9,21	1,15125	2045	2145	1,15125	582,85	
FIN	2010,00	582,00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

2.9. Diseño de subrasante

La subrasante es la que define el volumen del movimiento de tierra, por lo que un buen criterio en la selección de la misma, dará como resultado una mejor economía en la construcción de la misma.

La subrasante se proyecta sobre el perfil longitudinal del terreno y se hace por tanteos, se debe tener el mayor número de tramos en los cuales se balancean los rellenos con los cortes en una distancia dentro de 1 000 metros, dejando arriba el corte para facilitar el transporte del mismo. Si no fuera así, es preferible dejar los cortes como material de desperdicio y formar los rellenos con material de préstamo cercano.

Se debe tomar también, para el diseño los siguientes factores:

- Coeficiente de contracción e hinchamiento.

Al balancear los cortes con los rellenos, se necesita más material de corte, debido a los cambios volumétricos. Los coeficientes dependen de: clase de suelo, humedad contenida, formas de excavación, transporte usado y el tipo de compactación. El valor de los coeficientes depende de estos factores. En la D.G.C. se utiliza entre un 30 - 40 %.

La ecuación que se utiliza para el cálculo es la siguiente:

$$C = \frac{R}{1 - Coef}$$

Donde:

R = relleno

C = corte

Coef = coeficiente de corte e hinchamiento

Condiciones topográficas se determinan tres tipos de terreno:

- Llano: los terrenos llanos presentan en su perfil pendientes pequeñas y uniformes, pendientes transversales pequeñas.
- Ondulado: estos terrenos presentan en su perfil cimas y depresiones de cierta magnitud, su pendiente transversal es menor al 45 %.
- Montañoso: terrenos de este tipo presentan perfiles con grandes pendientes, obligando a grandes movimientos de tierra. La pendiente transversal es mayor al 45 %.

El terreno presenta zonas onduladas y montañosas en un 90 % del trayecto.

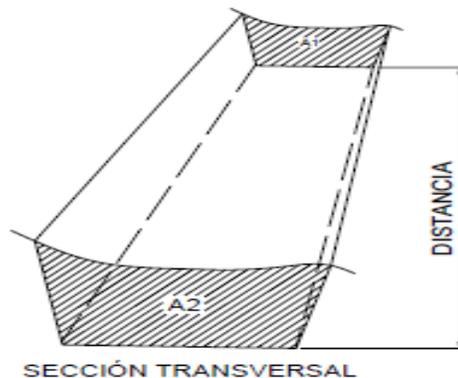
2.10. Movimiento de tierras

Se encuentra relacionado con la subrasante y en la construcción de carreteras, esta es una de las actividades de mayor importancia, ya que afecta considerablemente en el costo de la misma. Por ello el movimiento de tierras debe ser lo más económico posible, dentro de los requerimientos que el tipo de camino especifique.

2.10.1. Cálculo de área

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de la línea de localización, primero se dibujan estas a cada 20 m, con la sección típica de la carretera tipo F para regiones montañosas. Para esta sección se tienen establecidos los taludes de corte y relleno según su altura.

Figura 4. Ejemplo de cómo se toma área de tierra



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 68.

Se puede utilizar el método gráfico, el cual permite medir las áreas por medio de un planímetro graduado, para la realización de la medida de las secciones que deben estar dibujadas en papel milimetrado.

Otro método utilizado para el cálculo de área es el de determinantes, en el que, con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno se calcula el área.

Tabla IX. **Ejemplo de cómo se calcula un área transversal por determinantes**

X	Y
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2
X3	Y3
X4	Y4
X5	Y5
X0	Y0

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Área} = \sum \left[\frac{\sum (X_t * Y_{t+1}) - \sum (Y_t * X_{t+1})}{2} \right]$$

$$a = \sum (X * Y)$$

$$b = \sum (Y * X)$$

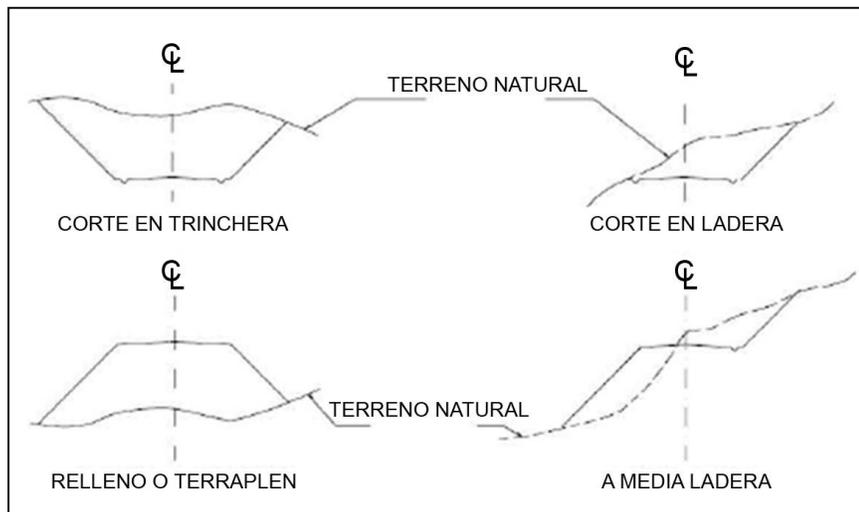
$$\text{Área} = \frac{|a - b|}{2}$$

2.10.2. Cálculo de volúmenes

Este se realiza a partir de secciones transversales tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central a cada 20 m.

Las secciones transversales pueden ser: corte en trinchera, corte en ladera, en relleno o terraplén y a media ladera.

Figura 5. Tipos de secciones transversales



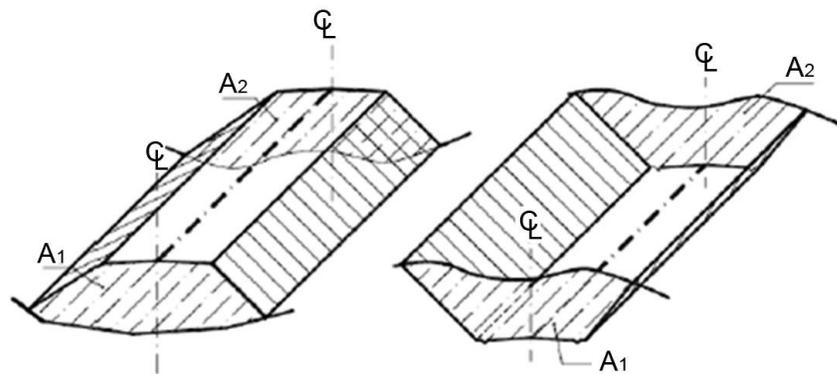
Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de Geometría*. p. 1-24.

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

Los métodos más utilizados para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra, son el método de las áreas medias y el del prismoide.

Se utilizó en este caso, el método de las áreas medias con el programa Civil 3d. El resumen de las tablas de corte y relleno se detalla en los apéndices.

Figura 6. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 1-25.

$$\text{Vol} = \frac{A1+A1}{2} * \text{Distancia}$$

En donde:

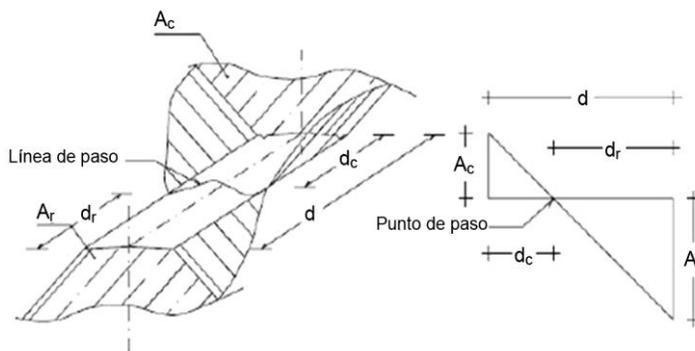
V = volumen entre ambas secciones en m³

A1, A2 = áreas de secciones consecutivas en m²

d = distancia entre secciones en metros (en este caso 20 m)

Cuando existen dos secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una línea de paso a lo largo, de la cual la cota del terreno coincide con la cota de la superficie de subrasante. En este caso se producirá un volumen de corte y uno de relleno entre ambas secciones (ver figura 7).

Figura 7. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de Geometría*. p. 1-25.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte A_C y el área de la línea de paso, que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno A_R y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$V_C = \frac{1}{2} * (A_C + A_0) * d_C, \quad V_R = \frac{1}{2} * (A_R + A_0) * d_R$$

$$A_0 = 0$$

V_C, V_R = volumen de corte y de relleno en m^3

A_C, A_R = áreas de las secciones en corte y relleno en m^2

A_0 = área de la sección en la línea de paso = 0

d_C, d_R = distancias de corte y relleno en m

Por medio de relación de triángulos se determinan los valores de d_C y d_R , de la siguiente manera:

$$d_C = \frac{A_C}{A_C + A_R} * d, \quad d_R = \frac{A_R}{A_R + A_C} * d$$

2.10.3. Balances

Cuando se abre brecha o bien se rediseña una carretera, se aplican cambios al terreno, ya sea cortando o rellenando el trayecto con el fin de suavizar las curvas verticales para tener una mayor seguridad al transitar sobre ella.

El objetivo del balance del volumen del movimiento de tierras es lograr un equilibrio en el corte y relleno de un proyecto, esto se logra por medio de una tabla en la cual se representa las cantidades de exceso o falta de tierra que se necesitan para lograr una carretera transitable al menor costo posible.

En el caso de extracción de material y que este no cumpla con las características necesarias para rellenar (arcillas expansivas), se pueden tratar mediante estabilización de suelos, esto con el fin de minimizar en todo lo posible los costos de acarreo.

No se puede lograr un balance de tierras para este proyecto por el tipo de región en el que se encuentra, pues es solo subida y la mayor parte de la sección es solo corte.

2.10.4. Diagrama de masas

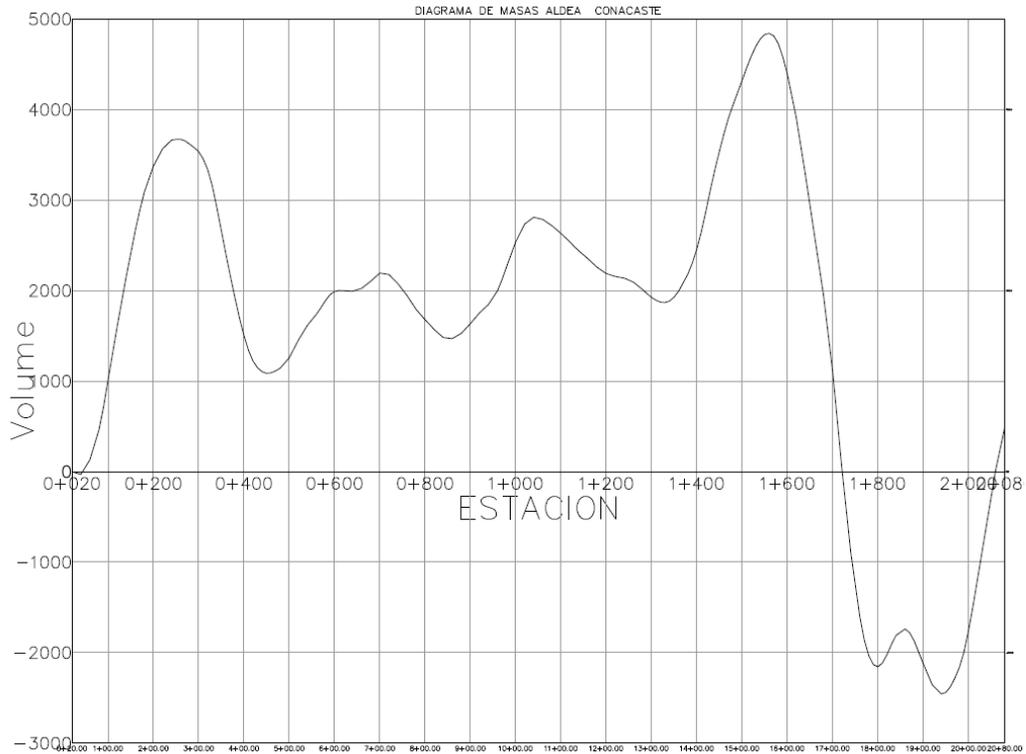
Es el mejor recurso que se tiene para estudiar la disposición de los volúmenes de tierra en exceso a lo largo de la carretera y ayuda asignar el equipo en un trabajo.

Sin embargo, los resultados obtenidos deben considerarse únicamente como indicativo del trabajo a realizar, ya que este no refleja completamente las condiciones en que se realizará la obra.

La representación gráfica del balance de tierras, en el cual los volúmenes acumulados se colocan al final de cada estación, entre las características que presenta un diagrama de masas se tiene lo siguiente:

- El diagrama de masas no es un perfil y la forma de este no tiene relación con la topografía del terreno.
- En este diagrama, las ramas ascienden en donde el perfil longitudinal tiene más corte y desciende en los tramos que tiene relleno. La pendiente de la rama está relacionada con la magnitud del volumen y por ello, pendientes muy pronunciadas indican grandes movimientos de tierra.
- En donde la pendiente cambia de signo debido a que hay un máximo o un mínimo en la curva, los puntos coinciden en cambios de corte a relleno o viceversa.
- El diagrama de masas se vuelve cero en donde los volúmenes de corte y relleno son iguales.

Figura 8. **Diagrama de masas versus perfil longitudinal del terreno**



Fuente: elaboración propia.

2.11. Drenaje

Las condiciones aplicadas para el diseño de drenaje se describen a continuación:

2.11.1. Drenaje transversal

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

puentes y las alcantarillas.

Se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración). Se tomó como tramo el que deberá soportar el drenaje transversal núm. 9 ubicado en la estación 1+840.

Datos:

- Área a drenar: 0,8 Ha
- Longitud de cauce: 0,2 km
- Pendiente: 12,9 %
- Coeficiente de escorrentía: 0,72
- Elevación entre cauce: 6,44 m
- Factor de rugosidad: 0,013

El valor del coeficiente de escorrentía se tomó de la tabla de valores de escorrentía de Schwab et al. 1981, se consideró el área del proyecto como tierra cultivada en área montañosa con textura de suelo arcilla y limo, por lo que el coeficiente de escorrentía adecuado para el área es de 0,72.

Tabla X. **Valores de coeficiente de escorrentía**

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
Bosques			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
Tierras cultivadas			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
Zonas urbanas	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

Fuente: Schwab et al. 1981.

Primero se procedió a encontrar el tiempo de concentración de la cuenca, esta se obtiene de la siguiente ecuación:

$$t = \left(\frac{(0.886 * L^3)}{H} \right)^{0.385} * 60$$

$$t = \left(\frac{(0.886 * 0.2^3)}{6.44} \right)^{0.385} * 60 = 4,36 \text{ min}$$

Luego se procedió a encontrar la intensidad de lluvia, para el área de Chiquimula se utilizó la ecuación de intensidad de lluvia de la estación meteorológica Insivumeh de La Fragua, Zacapa, por ser la más cercana.

Tabla XI. **Intensidad de lluvia**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	2838/t+18	3706/t+22	4204/t+23	4604/t+24
Bananera Izabal	5771.5/t+48.98	7103.95/t+53.80	7961.65/t+56.63	8667.77/t+58.43
Labor Ovalle, Quetzaltenango	977.7/t+3.80	1128.5/t+3.24	1323.5/t+3.48	-----
El Pito Chicolá, Suchitepequez	11033.6/t+101.10	11618.7/t+92.19	13455.2/t+104.14	-----
La Fragua, Zacapa	3700.5/t+50.69	3990.5/t+41.75	4049.0/t+37.14	-----

Fuente: Insivumeh.

De la tabla XXXIII, el territorio más cercano es la ciudad de Guatemala y el tiempo de concentración se toma para 10 años.

$$I = \frac{a}{t + b}$$

$$I = \frac{4049}{t+37,14} \quad I = \frac{4049}{4,36+37,14} = 97,57$$

Donde:

a y b = variación en cada región, de los datos proporcionados por el Insivumeh

t = tiempo de concentración en minutos

Luego de encontrada la intensidad de lluvia se procedió a encontrar el caudal a drenar, dicho caudal es encontrado con la fórmula del método racional.

$$Q = CIA/360 \quad Q = (0,72 * 97,57 * 1,2)/360 \quad Q = 0,23 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Luego se encontró el diámetro hidráulico con el caudal anteriormente encontrado mediante la fórmula de Manning.

$$D = \left(\frac{(Q * n * 4^{5/3})}{(S^{1/2} * \Pi)} \right)^{3/8}$$

Donde:

N= coeficiente de rugosidad del material (Riblock = 0,015)

$$D = \left(\frac{(0,23 * 0,015 * 4^{5/3})}{(12,90^{1/2} * \Pi)} \right)^{3/8} = 0,11 \text{ m}$$

Posteriormente se encontró el área hidráulica que corresponde al diámetro hidráulico y caudal anteriormente encontrado.

$$A = \left(\frac{\Pi * D^2}{4} \right) \quad A = \left(\frac{\Pi * 0,11^2}{4} \right) = 0,0095 \text{ m}^2$$

Por cuestiones de diseño se utilizó un diámetro de 30" tubo de concreto, ya que es el mínimo usado para drenaje transversal de carretera. Con un diámetro de 30" el área es 0,45 m² el cual cubre el área requerida.

2.11.2. Cunetas

Son los canales que se construyen a ambos lados y paralelamente a una carretera, que se calculan por el método de Manning, con el objetivo de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma y sobre las áreas de taludes. Las cunetas que drenen el agua de los cortes a los terraplenes, se deben

construir en tal forma, que se evite cualquier daño a dichos terraplenes, debido a la erosión y darles una pendiente adecuada.

Se deben remover todas las raíces, rocas o materias similares salientes que obstruyan el libre corrimiento de las aguas, para evitar el rebalse de la misma sobre el terraplén. Todo el material excavado de las cunetas se debe depositar fuera de los límites de la carretera, salvo que se indique de otra manera en los planos. Para este diseño se optó por realizar cunetas naturales.

$$V = \frac{1}{n} (R)^{2/3} (S)^{1/2}$$

Donde

V = velocidad media en metros por segundo

n = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado)

S = pendiente del canal en metros por metro

Para el diseño de la cuneta se tomó el tramo con la pendiente crítica que corresponde al tramo que drenará el drenaje transversal número 3 ubicado en la estación 0+700 con una pendiente en su diseño de -0,66 %. El área a drenar es de 0,05 Ha, la diferencia de altura es igual a 0,01 metros y una longitud de 0,200 km; utilizando las fórmulas anteriores para estos nuevos datos, el caudal resultante es de 0,04 m³/seg.

Datos

$$S = 0,01 \%$$

$$Q = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pendiente talud 1:1

Determinación del área hidráulica

$$A = ZY^2 = Y^2$$

Determinación del perímetro mojado

$$P = 2Y * \sqrt{1 + Z^2} = 2,83Y$$

Se iguala el radio hidráulico a

$$\frac{ZY}{2\sqrt{1 + Z^2}} = 1Y/2,83$$

Rh= área hidráulica / perímetro mojado

$$Rh = 0,35Y$$

Despejando para el área

$$A = Y^2$$

Utilizando la ecuación de Manning se despeja el valor de Y necesario para el caudal a drenar.

$$Q = A * \frac{1}{n} (R)^{2/3} (S)^{1/2}$$

Utilizando n = 0,025 (paredes encachadas, fondo de grava)

Q = caudal en m3/seg.

A = área de la sección transversal del flujo en m²

$$0.04 = \left(\frac{1}{0,025}\right) * Y^2 * (0,35Y)^{2/3} * (0,13)^{1/2}$$

$$Y = 0,30 \text{ m}$$

$$T = (2 \times 0,30 \times 1) = 0,60 \text{ m}$$

Figura 9. **Detalle de cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.12. Elaboración de planos

Los planos y las especificaciones técnicas constituyen, junto al presupuesto, los parámetros más importantes para la toma de decisiones de parte de la entidad que dará financiamiento al proyecto. En los planos se resume la información esencial del proyecto junto con los detalles y elementos

constructivos más significativos. Los planos de este proyecto se encuentran en el anexo, los cuales son: planta del proyecto, perfil del proyecto y detalle de planta perfil.

2.13. Elaboración de presupuesto

Son los precios de los materiales y mano de obra que está referido a la cabecera departamental. A continuación se presenta el resumen del presupuesto estimado incluyendo costo directo e indirecto, del proyecto de balasto. Se utilizó un factor de costos indirectos del 35 % de los cuales 15 % fueron de utilidades, el 15 % fue de gastos administrativos y el 5 % de imprevistos.

2.13.1. Resumen de presupuesto

En la tabla XII se muestra el detalle de gastos en ampliación y mejoramiento de la carretera hacia la aldea El conacaste.

Tabla XII. **Resumen de presupuesto**

Cálculo	Eli Samuel Perez Ramirez	Fecha	mayo 2014
Proyecto	Diseño de la ampliación y mejoramiento	EPS, UNIVERSIDAD	
	de la carretera hacia la aldea El conacaste	DE SAN CARLOS	

Código	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
	DISEÑO				
105,05	Planos y especificaciones de dibujo	ml	2 400,00	Q0,88	Q2 100,00
151,01	Movilización y desmovilización	Unidad	11,00	2 577,27	28 350,0
200	Movimiento de tierra				
203.01 (a)	Excavación	m3	12 721,80	Q28,44	Q361 756,80
205,06	Excavación estructural de alcantarilla	m3	32,50	Q141,06	Q4 584,60
206,01	Relleno para estructuras	m3	32,50	Q156,27	Q5 078,70
300	SUBBASES Y BASES				
301,01	Reacondicionamiento de subrasante existente	m ²	12 229,17	Q5,32	Q65 067,30
600	ESTRUCTURAS DE DRENAJE				
601,01	Colocacion tubería ϕ 30"	ml	56,10	Q281,55	Q15 795,00
607,01	Cajas y cabezales de mampostería	m3	10,00	Q915,30	Q9 153,00
	REGLONES VARIOS				
209	Capa de balasto	m3	2 310,00	Q213,97	Q494 278,20
202,03	Excavación de terraplenes	ml	2 100,00	Q14,11	Q29 631,00
Total del proyecto =					Q1 015 794,57

Fuente: elaboración propia.

2.14. Cronograma de ejecución física y financiera

El cronograma físico y financiero se describe en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Cronograma físico y financiero**

Código	Renglón	Unidad	Cantidad	%	Avance físico	Mes 1	Mes 2	Mes 3
105,05	Topografía	ml	2 400,00	0,21	Q2 100,00			
200	Movimiento de tierra	m3	12 721,80	36,56	371 420,10			
300	Subases y base	m2	12 227,17	6,41	65 067,30			
600	Estructuras de drenaje	ml	2 100,00	2,46	24 948,00			
209	Capa de balasto	m3	2 310,00	51,58	523 909,20			
151,01	Traslado de maquinaria	unidad	11,00	2,79	28 350,00			
100,00								
Total del proyecto					Q1 015 794,60			

Fuente: elaboración propia.

2.15. Evaluación de Impacto Ambiental Inicial

Para realizar la Evaluación de Impacto Ambiental inicial es necesario considerar todos los factores que afecten el ambiente, estos se describen en la tabla XIV.

Tabla XIV. Evaluación de impacto ambiental inicial

No.	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Partículas de polvo	En el área de construcción del proyecto.	Rociar abundante agua en los bancos de materiales para minimizar la generación de polvo en las distintas actividades.
		Ruido	El ruido será leve y se originará por el funcionamiento de los vehículos y la maquinaria que se utilizará	En el área de construcción.	Se evitará hacer ruido en horas de descanso de los vecinos.
		Vibraciones	Las vibraciones serán leves y serán en un periodo corto, solamente mientras se hacen los trabajos de compactación.	En el área de construcción.	Se establecerá un horario especial para no molestar a los vecinos.
		Olores	No se generará ningún tipo de olores que puedan molestar a los vecinos.	Ninguno.	No se utilizará ningún tipo de material que genere malos olores.

Continuación de la tabla XIV.

2	Agua	Abastecimiento de agua	Uso de agua en la construcción	Será llevada a la zona de construcción por medio de un sistema	Se evitará el derramamiento y uso innecesario de ésta.
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: no se generarán aguas residuales.	ninguna	No se generarán aguas residuales.
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: no se generarán aguas residuales.	Descarga: ninguna	No se generarán aguas residuales.
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: no se generarán aguas residuales.	Descarga: ninguna	No se generarán aguas residuales.
		Agua de lluvia	Captación no se captará agua de lluvia	Descarga: Drenaje natural	Si se presenta alguna lluvia el agua seguirá el cauce natural.

Continuación de la tabla XIV.

3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: 10 libras al día	En el área del proyecto.	Los desechos que sean retirados del proyecto serán llevados a un basurero autorizado por la municipalidad.
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: No habrá desechos peligrosos.	Disposición Ninguno.	No se producirán desechos peligrosos por el tipo de proyecto que se realizará.
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	Escorrentía de aguas residuales por limpieza de herramientas y mezclas de	En el área del proyecto.	No habrá generación de aguas residuales, por lo que no será necesario dar un manejo ambiental.
		Modificación del relieve o topografía del área	Las modificaciones serán insignificantes.	En el área del proyecto.	Se removerá el material necesario para la nivelación del terreno.

Continuación de la tabla XIV.

4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	Solamente los necesarios en donde se realicen las excavaciones	En el área del proyecto	No habrá alteración en la flora del lugar, por lo que no será necesario dar un manejo ambiental.
		Fauna (animales)	No se causará daño a la fauna	Ninguno.	No habrá alteración en la fauna del lugar, por lo que no será necesario dar un manejo ambiental.
		Ecosistema	No habrá daños en el ecosistema.	Ninguno.	No habrá modificaciones ni daños en el ecosistema.
5	Visual	Modificación del paisaje	No habrá modificaciones en el paisaje.	Ninguno.	No habrá modificaciones en el paisaje.
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	No habrá modificaciones.	Ninguno.	No habrá modificaciones.
7	Otros	No habrá otros	ninguno	Ninguno	Ninguno.

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CAPACITACIÓN DE LA MUJER

3.1. Descripción del proyecto

Este consistirá en el diseño del edificio de 2 niveles para realizar capacitaciones a las mujeres. El primer nivel tendrá una bodega principal de 65,73 m², una bodega secundaria de 31,75 m², cuatro módulos para capacitación de 65,73 m², un área de servicios sanitarios de 31,75 m², un área de comedor de 68,90 m², un salón de reuniones de 102,87 m², pasillo, un módulo de gradas. El segundo nivel tendrá 6 módulos para capacitación de 65,73 m², una bodega de 31,75 m², un área de guardianía de 31,75 m², un área de servicios sanitarios de 31,75 m², un área de secretaría de 31,75 m², un área de dirección de 31,75 m², pasillo. La estructura es un sistema de marcos integrados por columnas y vigas, tal y como lo define el sistema E1 del AGIES.

3.2. Descripción del área disponible

El área disponible es de 1 010 m², la construcción del edificio abarcará un total de 989 m².

3.3. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se refiere a la obtención de los datos a través de mediciones realizadas en el terreno en donde se desarrollará el proyecto. Las notas realizadas en la libreta de campo son registro del trabajo del levantamiento topográfico, tiene que ser lo más claro posible.

Para este caso se utilizó una estación total Leica Tc805 de prisma constante -30 mm, agilizando así el trabajo del levantamiento topográfico.

3.4. Estudio de suelos

Es necesario conocer las características del suelo para establecer las dimensiones de los cimientos en función del valor soporte, para asegurar que el diseño de la estructura estará bien sustentado sobre los cimientos.

3.4.1. Determinación de valor soporte del suelo

El ensayo de compresión triaxial fue realizado en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, ver anexo uno. Los resultados son los siguientes:

Descripción del suelo = arcilla limosa con material orgánico color café

Ángulo de fricción interna = 14,03°

Cohesión = 15,26 ton/m²

Peso específico del suelo = 1,82 ton/m³

Desplante = 2,00 m

Esfuerzo límite:

El valor del esfuerzo límite se determinó por medio de la fórmula del Dr. Karl Terzaghi, siendo esta:

$$q_d = 1,3 * c' * N'_c + \gamma * Z * N'_q + 0,4 * \gamma * B * N'_w$$

Donde:

c = coeficiente de cohesión del suelo

N'_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

γ = peso específico del suelo

Z = desplante de cimentación

N'_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

B = base de zapata

N'_w = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

Los valores de factores de capacidad, se obtuvieron de la gráfica de curvas de trazo continuo, siendo estos:

$$N'_c = 10,06$$

$$N'_q = 2,98$$

$$N'_w = 0,69$$

Determinando el esfuerzo límite:

$$q_d = 1,3 * c' * N'_c + \gamma * Z * N'_q + 0,4 * \gamma * B * N'_w$$

$$q_d = 1,3 * 15,26 * 10,06 + 1,03 * 2,00 * 2,98 + 0,4 * 1,03 * 1,00 * 0,69$$

$$q_d = 139,48 \text{ ton/m}^2$$

Valor soporte del suelo

$$V_s = \frac{q_d}{F.S.}$$

Donde:

q_d = esfuerzo límite

F.S. = factor de seguridad

Según el Dr. Karl Terzaghi, el mínimo para el factor de seguridad debe ser un valor de 4, para este caso se aplicó un factor de 4, debido manejo de la muestra y cubrir así cualquier posible error.

Determinando valor soporte del suelo:

$$V_s = \frac{q_d}{F.S.}$$

$$V_s = \frac{139,48}{4}$$

$$V_s = 34,87 \text{ ton/m}^2$$

3.5. Normas de diseño

De acuerdo al reglamento que norma la construcción de edificios para el Ministerio de Educación, se aplicó todo lo concerniente a los requisitos que debe cumplir la edificación.

3.5.1. Criterios generales

Son los que definen el diseño del edificio, entre los cuales se mencionan los siguientes:

- Altura del edificio
- Altura de las ventanas

- Área del edificio

3.5.2. Criterios de iluminación

La iluminación natural o artificial debe ser abundante y uniformemente distribuida, debiendo evitarse la proyección de sombras y contrastes muy marcados, estudiando la relación entre las fuentes de iluminación y las posiciones de las personas, sobre todo en razón de que estas pueden variar por el carácter flexible de las actividades.

Para el establecimiento, el nivel de iluminación óptimo de los diferentes locales del edificio para capacitaciones se tomó en consideración la iluminación sobre áreas de trabajo, esta se da en luxes y varía de acuerdo a la naturaleza de la actividad y a la edad de los alumnos. En este caso se utilizó la Norma Europea UNE-EN 12464-1:2003. La cual recomienda 300 luxes para aulas, para un área de 65 metros cuadrados son necesarias 4 luminarias.

3.5.3. Otros criterios

Otros criterios, muy importantes, que se deben considerar son los siguientes:

- Color: se optará por claros que transmitan paz y tranquilidad para crear un ambiente agradable a la vista.
- Ventilación: es importante que los salones estén debidamente ventilados para poder soportar las altas temperaturas de la región.

3.6. Diseño arquitectónico

Consiste en darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para el uso.

Para lograrlo se deben tomar en cuenta diferentes criterios, tales como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

3.6.1. Ubicación del edificio

El edificio fue ubicado en las afueras de la ciudad de Chiquimula en la aldea El Ingeniero, en los terrenos municipales, es un edificio aislado debido a que recién están poblando esa área.

3.6.2. Distribución de ambientes

Se distribuyeron para el primer nivel; tres salones para capacitaciones, una librería o biblioteca, una bodega principal, una bodega secundaria, distintas áreas: servicios sanitarios, un área de comedores, gradas, y una de reuniones generales. Para el segundo nivel se tiene: seis salones para capacitaciones, una bodega, servicios sanitarios, un área para guardianía, secretaría y una para la dirección.

3.6.3. Altura del edificio

La altura total del edificio es de 6,00 m, por lo cual cada nivel es de 3,00 m de altura.

3.7. Selección de sistema estructural

A continuación se describe el sistema propuesto de la estructura:

- Sistema de marcos (E1), según Norma AGIES
- Muros divisorios de mampostería de *block* (tabiques)
- Losas prefabricadas con diseño de vigueta y bovedilla

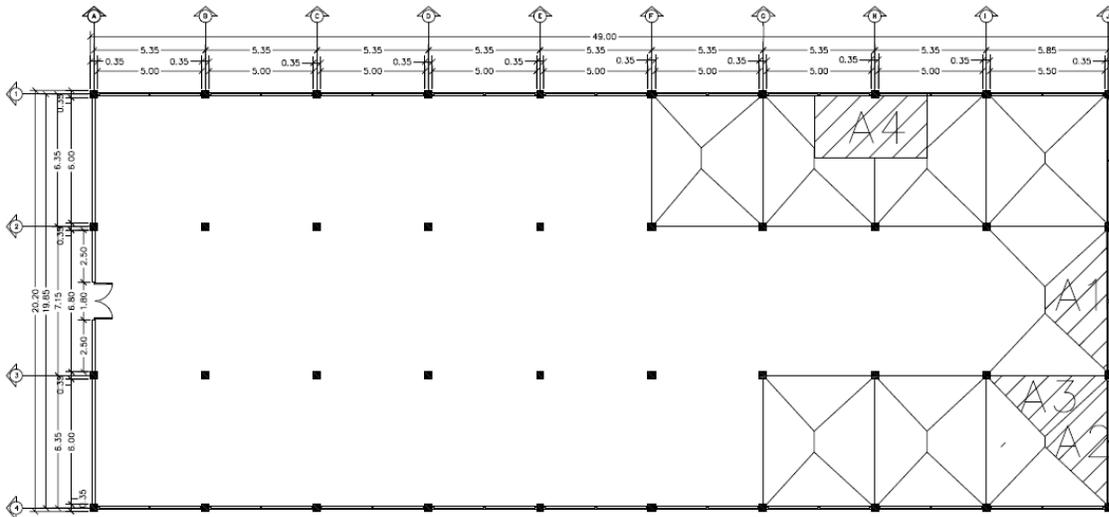
Hay que tomar en cuenta que es una construcción permanente, con respecto al tiempo de vida útil que va de 30 a 40 años.

3.7.1. Predimensionamiento de elementos

El hecho de dar medidas preliminares a los elementos de una estructura, se le denomina predimensionamiento; recurriendo a la experiencia en obras similares y/o utilizando métodos analíticos cortos.

En la figura 9 se presenta una planta del edificio, que muestra las dimensiones a ejes y las áreas tributarias para los marcos críticos, así también, para la columna crítica.

Figura 10. Áreas tributarias



Fuente: elaboración propia, con programas de Civil 3D.

Determinando área tributaria 1:

$$A_1 = \frac{1}{2} * (b_1 + b_2) * h$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * (1,65 + 7,15) * 2,90$$

$$A_1 = 12,76 \text{ m}^2$$

Determinando área tributaria 2:

$$A_1 = \frac{1}{2} * (b_1 + b_2) * h$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * (0,82 + 6,52) * 2,90$$

$$A_1 = 10,64 \text{ m}^2$$

Determinando área tributaria 3:

$$A_2 = \frac{1}{2} * b * h *$$

$$A_2 = \frac{1}{2} * 5,92 * 3,00$$

$$A_2 = 8,88 \text{ m}^2$$

Determinando área tributaria para columna:

$$A.T_{.col} = b * h$$

$$A.T_{.col} = 3,20 * 5,40$$

$$A.T_{.col} = 17,28 \text{ m}^2$$

- Losas

El método utilizado para el predimensionamiento de losas, depende de las medidas de la superficie. Se procederá a determinar el espesor y el sentido en que deberán de armarse de la siguiente manera:

$$t_{\text{losa}} = \text{perímetro de losa} / 180,00$$

$$\text{Tipo}_{\text{losa}} = \text{lado corto} / \text{lado largo}$$

Donde el tipo de losa dependerá del valor del resultado:

$\text{Tipo}_{\text{losa}} < 0,5$ losa en 1 sentido

$\text{Tipo}_{\text{losa}} \geq 0,5$ losa en 2 sentidos

Para este caso se cuenta con dos tipos de losas por nivel siendo estas:

Tipo 1 = 6,80 m * 5,50 m

Tipo 2 = 6,00 m * 5,50 m

Determinando espesor y tipo para losa 1:

$$t_{\text{losa}} = \frac{P}{180}$$

$$t_{\text{losa}} = \frac{2 * 6,80 + 2 * 5,50}{180,00}$$

$$t_{\text{losa}} = 0,14 \text{ m}$$

$$\text{Tipo}_{\text{losa}} = \text{lado corto} / \text{lado largo}$$

$$\text{Tipo}_{\text{losa}} = 5,50 / 6,80$$

$$\text{Tipo}_{\text{losa}} = 0,81 \geq 0,5 \text{ losa en 2 sentidos}$$

Determinando espesor y tipo para losa 2:

$$t_{\text{losa}} = \frac{2 * 6,80 + 2 * 5,50}{180,00}$$

$$t_{\text{losa}} = 0,14 \text{ m}$$

$$\text{Tipo}_{\text{losa}} = 5,50 / 6,00$$

$$\text{Tipo}_{\text{losa}} = 0,91$$

Debido a los resultados obtenidos, las dos losas serán diseñadas a base de vigueta y bovedilla, es decir, losas prefabricadas, y esta será de 15 cm y sobrelosa de 6 cm haciendo un total de 21 cm de losa aligerada.

- Columnas

Se determinó la sección de la columna, aplicando el área mínima para un elemento estructural que, según el código ACI – 318 es de 900 cm², lo que equivale a 30 x 30 cm más un 36 % de incremento en la columna por tratarse de luces grandes y las cargas de equipo.

Por seguridad se propone utilizar una sección de columna con las siguientes dimensiones:

$$b = 35,00 \text{ cm}$$

$$h = 35,00 \text{ cm}$$

Se utilizará la misma sección de la columna para el primer y segundo nivel.

- Vigas

Para predimensionar las vigas el método utilizado determina el peralte o altura de la viga, esta depende de la luz que cubra la viga. La base de la viga es igual al ancho de las columnas. Para este caso se calcula la viga de mayor longitud, siendo esta la viga crítica, quedando las demás con igual sección y también se utilizó el criterio del ACI 318 cap. 9, se realizó un promedio de ambos, dando los siguientes resultados.

Según criterios del ACI 318s-08 se tiene la tabla XV.

Tabla XV. **Espesores mínimos para vigas ACI 318s-08**

Peralte mínimo, h				
Elemento	Simplemente Apoyado	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
	Elementos que no soporten, o estén ligados, a divisiones u otro tipo de construcción susceptibles de dañarse por grandes deflexiones.			
Losas macizas en una dirección	L / 20	L / 24	L / 28	L / 10
Vigas	L / 16	L / 18.5	L / 21	L / 8

Fuente: ACI 318s-08. p. 129.

Determinando altura de viga:

$h = 8\% \cdot \text{luz de viga}$

$h = 0,08 \cdot 6,80 \text{ m}$

$h = 0,54 \text{ m}$

Según cap. 9 del ACI 318

$$h = \frac{l}{21}$$

$$h = \frac{6,8}{21}$$

$$h = 0,32$$

$$h = \frac{0,54 + 0,32}{2}$$

$$h = 0,43$$

Para la base se tiene que

$$b = \frac{h}{2}$$

$b = 0,25$ aproximado.

Debido al criterio utilizado se proponen las dimensiones siguientes:

$b = 25,00 \text{ cm}$

$h = 50,00 \text{ cm}$

Para el primer nivel y

$b = 25,00 \text{ cm}$

$h = 45,00 \text{ cm}$

Para el segundo nivel

3.7.2. Cargas de diseño

Existen varios tipos de cargas a las que son sometidas las estructuras, por lo cual se utilizan distintos métodos para la clasificación.

Las cargas que actúan sobre la estructura, dependiendo de la dirección de aplicación, son las siguientes:

- Cargas verticales
- Cargas horizontales

- Cargas verticales
 - Cargas vivas

Son las cargas de ocupación y equipos móviles. Pueden estar total o parcialmente en el sitio o no estar presentes, y pueden cambiar de ubicación.

La magnitud y distribución son inciertas en un momento dado. Para este diseño se tomó como referencia la tabla 3-1 del AGIES, por lo que se tomó una carga viva de 500 kg/cm² (tanto para aulas como para pasillo y escaleras), esto se adoptó por seguridad, ya que, en los salones solo se propuso una distribución, aunque el detalle final de la distribución de módulos lo tendrán los Cocodes en el momento final de la construcción.

- Cargas muertas

Son las cargas permanentes, debidas al peso de los elementos estructurales y de los elementos que actúan en forma permanente sobre la estructura.

La mayor parte de la carga muerta, es el peso propio de la estructura. Se calculan con buena aproximación, de acuerdo a la conformación de la misma y de los materiales.

Determinando cargas para el primer nivel:

Carga muerta:

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{total}} * \text{peso por metro cuadrado}$$

$$W_{\text{losa}} = (49,00 * 20,20) * 269$$

$$W_{\text{losa}} = 266\ 220,70 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga en nivel}} * P \cdot U_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,25 * 0,50) * 328,00 * 2\ 400,00$$

$$W_{\text{viga}} = 98\ 400,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{sección}} * \left(\frac{L_{\text{columna}}}{2} \right) * P \cdot U_{\text{concreto}} * N_{\text{columnas}}$$

$$W_{\text{columna}} = (0,35 * 0,35) * \left(\frac{3,00}{2} \right) * 2\ 400,00 * 40$$

$$W_{\text{columna}} = 64\ 680,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{zapata}} = A_{\text{sección}} * \text{Peralte} * P \cdot U_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{zapata}} = (2,00 * 2,00) * 0,30 * 2\ 400,00$$

$$W_{zapata} = 115\,200,00 \text{ kg}$$

$$W_{acabados} = A_{total} * acabados$$

$$W_{acabados} = (49,00 * 20,20) * 100,00$$

$$W_{acabados} = 98\,980,00 \text{ kg}$$

$$W_{block} = A_{total} * \text{peso de } block \text{ por metro cuadrado}$$

$$W_{block} = (1,5 * 5,50) * 113,00$$

$$W_{block} = 22\,882,00 \text{ kg}$$

$$W_{ventana} = A_{total} * \text{peso de ventana por metro cuadrado}$$

$$W_{ventana} = (1,5 * 5,50) * 58,68$$

$$W_{ventana} = 8\,259,80 \text{ kg}$$

$$W_{sobre carga} = A_{total} * \text{sobre carga}$$

$$W_{sobre carga} = (20,20 * 49,00) * 90,00$$

$$W_{sobre carga} = 89\,082,00 \text{ kg}$$

$$\text{Total}_{carga muerta} = 746,92 \text{ Ton}$$

Carga viva

$$W_{viva} = A_{total} * \text{carga viva} * 0,25$$

$$W_{viva} = (49,00 * 20,20) * 600,00 * 0,25$$

$$W_{viva} = 148\,470,00 \text{ kg}$$

Peso total del primer nivel

$$W_{total 2} = C.M. + 0,25 C.V.$$

$$W_{total 2} = 746,92 + 16,17$$

$$W_{\text{total } 2} = 895,39 \text{ ton}$$

Determinando cargas para el segundo nivel:

Carga muerta:

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{total}} * \text{peso por metro cuadrado}$$

$$W_{\text{losa}} = (49,00 * 20,20) * 269$$

$$W_{\text{losa}} = 266\,220,70 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga en nivel}} * P \cdot U_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,25 * 0,45) * 328,00 * 2\,400,00$$

$$W_{\text{viga}} = 88\,560,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{sección}} * \left(\frac{L_{\text{columna}}}{2} \right) * P \cdot U_{\text{concreto}} * N_{\text{columnas}}$$

$$W_{\text{columna}} = (0,35 * 0,35) * \left(\frac{3,00}{2} \right) * 2\,400,00 * 40$$

$$W_{\text{columna}} = 17\,640,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = A_{\text{total}} * \text{acabados}$$

$$W_{\text{acabados}} = (49,00 * 20,20) * 100,00$$

$$W_{\text{acabados}} = 98\,000,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{block}} = A_{\text{total}} * \text{peso de } \textit{block} \text{ por metro cuadrado}$$

$$W_{\text{block}} = (1,5 * 5,50) * 113,00$$

$$W_{\text{block}} = 22\,882,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{ventana}} = A_{\text{total}} * \text{peso de ventana por metro cuadrado}$$

$$W_{\text{ventana}} = (1,5 * 5,50) * 58,68$$

$$W_{\text{ventana}} = 8\,259,80 \text{ kg}$$

$$W_{\text{sobre carga}} = A_{\text{total}} * \text{sobre carga}$$

$$W_{\text{sobre carga}} = (20,20 * 49,00) * 90,00$$

$$W_{\text{sobre carga}} = 89\,082,00 \text{ kg}$$

$$\text{Total}_{\text{carga muerta}} = 588,78 \text{ Ton}$$

Carga viva:

$$W_{\text{viva}} = A_{\text{total}} * \text{carga viva} * 0,25$$

$$W_{\text{viva}} = (49,00 * 20,20) * 500,00 * 0,25$$

$$W_{\text{viva}} = 123\,725,00 \text{ kg}$$

Peso total del primer nivel

$$W_{\text{total 1}} = C.M. + 0.25C.V.$$

$$W_{\text{total 1}} = 588,78 + 123,75$$

$$W_{\text{total 1}} = 712,50 \text{ Ton}$$

- Cargas horizontales

Se definen como las cargas producidas por el ambiente: viento y sismo.

En este proyecto se analizan las cargas producidas por sismo. Estos son movimientos aleatorios horizontales y verticales, los cuales hacen que la estructura sufra desplazamiento, ocasionando daños catastróficos

3.7.3. Fuerza sísmica

La carga horizontal inducida en la estructura es producto de un análisis sísmico, se determinará el corte basal en la edificación siguiendo el procedimiento establecido en el código AGIES:

La obra debido a su ocupación y utilidad se encuentra clasificada como obra importante, categoría III. El mapa de zonificación sísmica de la República de Guatemala ubica al municipio en la zona sísmica 3b.

Por su importancia, índice de sismicidad y zonificación se deberá diseñar la estructura con una probabilidad de excedencia de 5 por ciento en 50 años (NSE 2, 4.2.2.3).

De acuerdo al mapa de la zonificación sísmica se determinan los factores S_{cr} , S_{1r} , los cuales son, respectivamente, la ordenada espectral para sismo corto y para sismo de 1 segundo:

$$S_{cr} = 1,10 \text{ g.}$$

$$S_{1r} = 0,43 \text{ g.}$$

Las ordenadas espectrales deberán de ser modificadas de acuerdo a las condiciones de la superficie, según el perfil de suelo donde se encuentren:

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

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

El coeficiente de sitio F_a es 1, se determina de acuerdo a las características del suelo y la estructura en la tabla 4.2 (NSE 2, 4.3.3.5). El coeficiente de sitio F_v para el estudio es 1,5 de acuerdo a las características del suelo y la estructura en la tabla 4,3 (NSE 2, 4.3.3.6). Los factores de proximidad para períodos cortos y largos de vibración, N_a y N_v , se establecen según las tablas 4,6 y 4,7 (NSE 2, 4.6.1.1), los cuales tienen valor de 1, por su distancia horizontal respecto a la fuente sísmica.

$$S_{cs} = 1,10 * 1 * 1 = 1,10$$

$$S_{1s} = 0,43 * 1,5 * 1 = 0,64$$

Período de transición, T_s , relaciona los períodos cortos y largos (NSE 2, 4.3.3.4)

$$T_s = \frac{0,64}{1,10} = 0,58$$

El factor de escala K_d , para el caso de la estructura por estar estimada para un sismo severo es de $K_d = 0,80$. El espectro calibrado al nivel de diseño requerido (NSE 2, 4.3.4.2) será el siguiente:

$$S_{cd} = K_d * S_{cs} = 0,80 * 1,10 = 0,88$$

$$S_{1d} = K_d * S_{1s} = 0,80 * 0,43 = 0,34$$

El corte basal al límite de cedencia (NSE 3, 2.1.1) se determina mediante la fórmula:

$$V_b = C_s * W_s$$

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

Donde:

V_b = corte basal

C_s = coeficiente sísmico de diseño

W_s = peso de la edificación

$S_a(T)$ = demanda de diseño para una estructura con período T

$R = 8$; factor genérico de reducción de respuesta sísmica (NSE 3, 1.6.1).

El período de vibración de la estructura será calculado por el método empírico (NSE 3, 2.1.4):

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

Donde:

h_n = altura total del edificio desde la base

K_t y $x = 0,049$ y $0,75$. Para el sistema estructural E1

$$T_a = 0,049 * (8,74)^{0,75} = 0,2491 \text{ seg}$$

- Ordenadas espectrales: la Norma NSE 3, 2.1.6 permite que, para los períodos de diseño podrán ser directamente los empíricos encontrados anteriormente T_a .

$$\text{Si: } T < T_s$$

$$0,25 < 0,58$$

Entonces:

$$S_a(T) = S_{cd} = 0,88$$

Por lo tanto:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R} = \frac{0,88}{8} = 0,11$$

El código permite realizar comprobaciones al espectro (NSE 3, 2.1.2.1) especificando los valores mínimos de C_s , cumpliendo con lo siguiente:

$$C_s > 0,044 * S_{cd} = 0,044 * 0,88 = 0,03872 \quad \text{Chequea}$$

$$C_s > 0,5 * \frac{S_{1r}}{R} = 0,5 * \frac{0,34}{8} = 0,02125 \quad \text{Chequea}$$

- Corte basal

$$V_b = C_s * W_s = 0,11 * 1\,607,90 \text{ ton} = 176,87 \text{ ton}$$

$$V_b < 15\% W_s \quad \text{Cumple}$$

- Fuerzas por nivel: para estipular la fuerza lateral por nivel (NSE 3, 2.2), se procederá a realizar una sumatoria de fuerzas por nivel y el residuo se multiplicará por el corte basal, expresado de la siguiente manera:

$$F_x = \frac{(V_b * W_x * h^k_x)}{\sum(W_i H_i^k)}$$

Donde:

- Fx = fuerza por nivel
Vb = corte basal
Wx = peso por nivel
Hx = altura de nivel
K = para períodos menores a 0,5 seg. se considera 1

Tabla XVI. **Fuerza por nivel I**

Nivel	W (T)	H (m)	W * h (T/m)	F/nivel (T)
2	712,50	6	4 275,03	119,09
1	895,39	3	2 686,18	74,83
Total	1 607,90		6 961,21	193,91

Fuente: elaboración propia.

- Fuerza por marcos: el cortante total por nivel se divide entre el número de marcos que se tenga, esto, si es simétrico. Debido a que el edificio es simétrico en sus ejes x y y, se tiene que:

Tabla XVII. **Fuerza por nivel II**

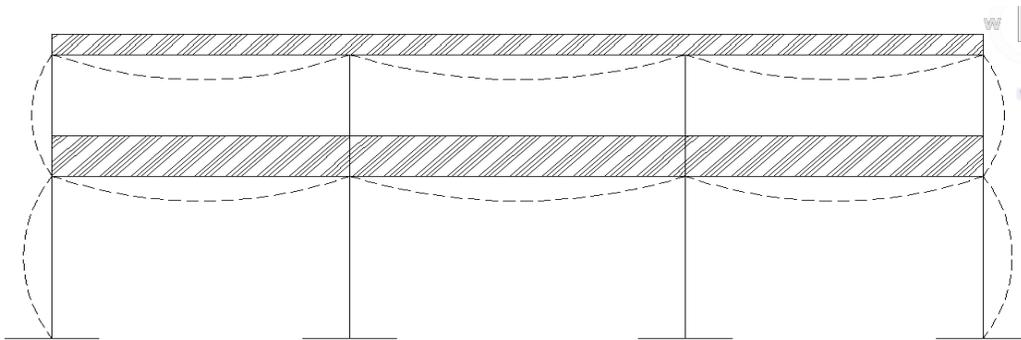
Nivel	W (T)	H (m)	W * h (T/m)	F/nivel (T)	y	x
2	712,50	6	4 275,03	108,62	10,86	27,15
1	895,39	3	2 686,18	68,25	6,82	17,06
Total	1 607,90		6 961,21	176,87		

Fuente: elaboración propia.

3.7.3.1. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

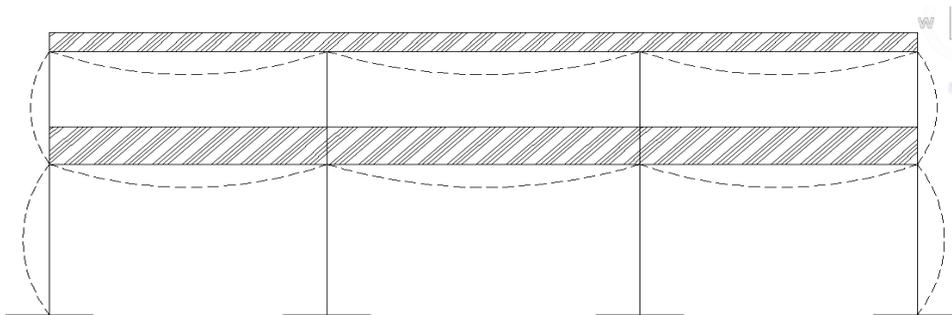
Diagrama de comportamiento de estructuras por las cargas aplicadas en el sentido y.

Figura 11. **Carga muerta**



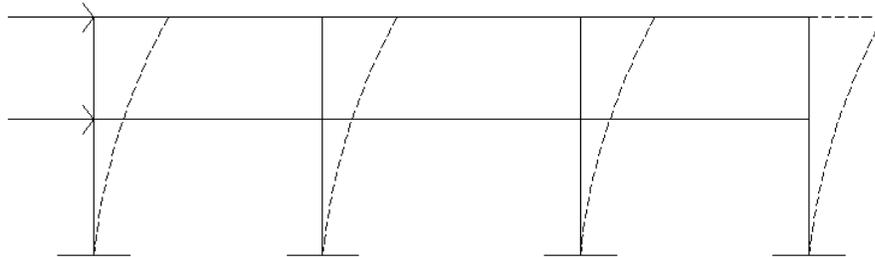
Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 12. **Carga viva**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

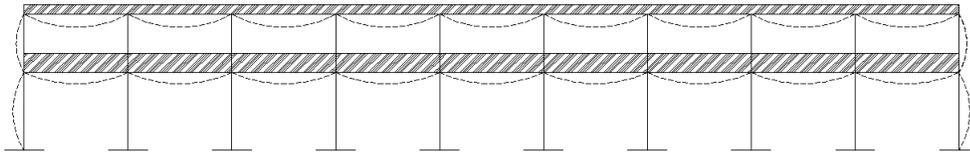
Figura 13. **Carga de sismo**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

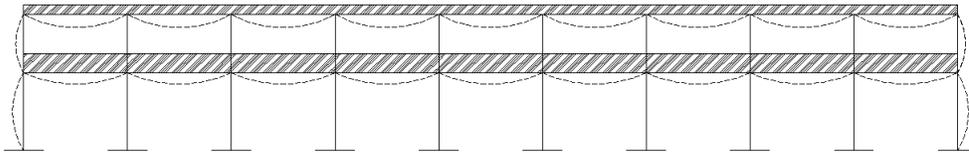
El diagrama de comportamiento de estructuras por las cargas aplicadas en el sentido x, se muestra en las figuras 14, 15 y 16.

Figura 14. **Carga muerta**



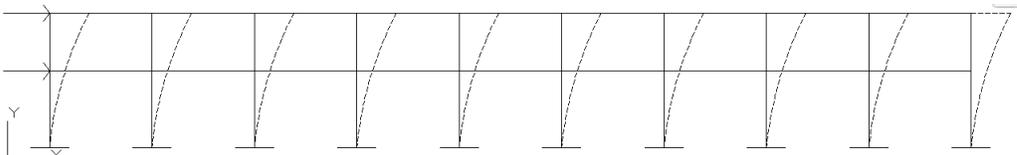
Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 15. **Carga viva**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 16. **Carga de sismo**

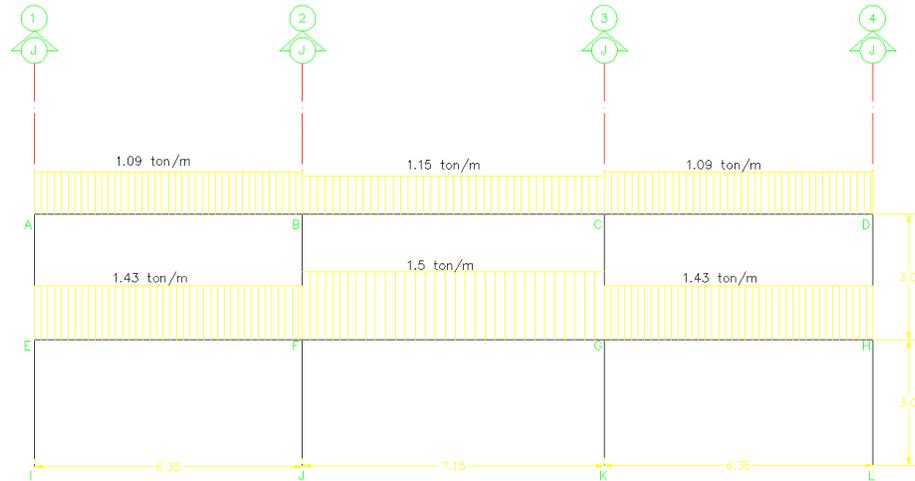


Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

3.7.4. Análisis de marcos dúctiles por método de Kani y comprobación a través de software ETABS

Análisis de marcos típicos por el método de Kani, se describe en la figura 17.

Figura 17. Carga muerta distribuida marco x



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Se calcula la rigidez del elemento, para este caso, la inercia de las vigas va a ser el doble que la de las columnas.

$$k = \frac{i}{l}$$

En donde:

k= rigidez

i= inercia

l= longitud

Tabla XVIII. **Rigidez en vigas**

Vigas			
1 nivel		2 do nivel	
E-F	0,31	A-B	0,31
F-G	0,28	B-C	0,28
G-H	0,31	C-D	0,31

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Rigidez en columnas**

Vigas			
1 nivel		2 do nivel	
I-E	0,25	E-A	0,33
J-F	0,25	F-B	0,33
K-G	0,25	G-C	0,33
L-H	0,25	H-D	0,33

Fuente: elaboración propia.

Se calculan los factores de giro y en los nudos la sumatoria de los factores de giro tiene que ser igual a -0,5.

Tabla XX. **Factores de giro para primer nivel**

Nudo A		Nudo B		Nudo C		Nudo D	
A-B	-0,24	B-A	-0,17	C-B	-0,15	D-C	-0,24
A-E	-0,26	B-C	-0,15	C-D	-0,17	D-H	-0,26
	-0,50	B-F	-0,18	C-G	-0,18		-0,50
			-0,50		-0,50		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Factores de giro para segundo nivel**

Nudo E		Nudo F		Nudo G		Nudo H	
E-A	-0,19	F-B	-0,14	G-C	-0,14	H-D	-0,19
E-I	-0,14	F-J	-0,11	G-K	-0,11	H-J	-0,14
E-F	-0,17	F-E	-0,13	G-F	-0,12	H-G	-0,17
	-0,50	F-G	-0,12	G-H	-0,13		-0,50
			-0,50		-0,50		

Fuente: elaboración propia.

Se calculan los momentos fijos.

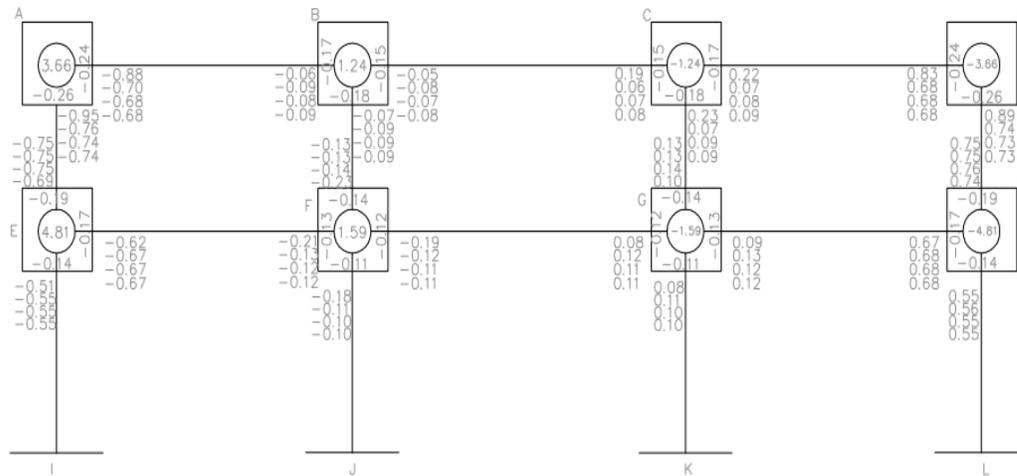
$$MF = \frac{WL^2}{12}$$

Tabla XXII. **Momento fijo carga muerta**

Momentos Fijos CM				
	wl2/12			
2 NIVEL	MFAB	3,66	MFB	-3,66
	MBCD	3,66	MFDC	-3,66
	MFBC	4,90	MFCB	-4,90
1 NIVEL	MFEF	4,81	MFFE	-4,81
	MFGH	4,81	MFHG	-4,81
	MFFG	6,40	MFGF	-6,40

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Kani para carga muerta**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Para encontrar los momentos finales se detalla a continuación el procedimiento.

$$M_{ik} = MS_{ik} + 2M'_{ik} + M_{ki} + M''_{ik}$$

En donde

M_{ik} = momento final de i a k

MS_{ik} = momento de sujeción

M'_{ik} = momento del nodo i al k bajo estudio

M_{ki} = momento del nodo k al i bajo estudio

M''_{ik} = momento de sujeción en columnas (solo para columnas)

Quedando los momentos finales de la carga muerta en los nudos como se detallan en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Momentos finales de carga muerta**

EJE J CM			
NODO A	Ton-m	NODO E	
AE	-2,22	EA	-2,24
AB	2,22	EF	3,34
		EI	-1,11
NODO B			
BA	-4,51	NODO F	
BC	4,83	FB	0,35
BF	-0,31	FE	-5,73
		FJ	-0,21
NODO C		FG	6,29
CB	4,82		
CD	4,51	NODO G	
CG	0,31	GC	0,35
		GF	-6,29
NODO D		GK	0,21
DC	-2,22	GH	5,73
DH	2,22		
		NODO H	
NODO I	-0,55	ND	2,24
NODO J	-0,10	NG	-3,34
NODO K	0,10	NL	1,11
NODO L	0,55		

Fuente: elaboración propia.

El cálculo de los momentos positivos se detalla a continuación.

$$M (+) = \frac{wl^2}{8} - \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Siendo:

M (+) = momento positivo

W= peso de área tributaria

l = longitud de centro a centro de columna

M₁y M₂ = momentos en los extremos

Para los momentos positivos para carga muerta como se muestra en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Momentos positivos carga muerta**

VIGAS M+	
AB	2,13
BC	2,52
CD	2,13
EF	3,03
FG	3,30
GH	3,03

Fuente: elaboración propia.

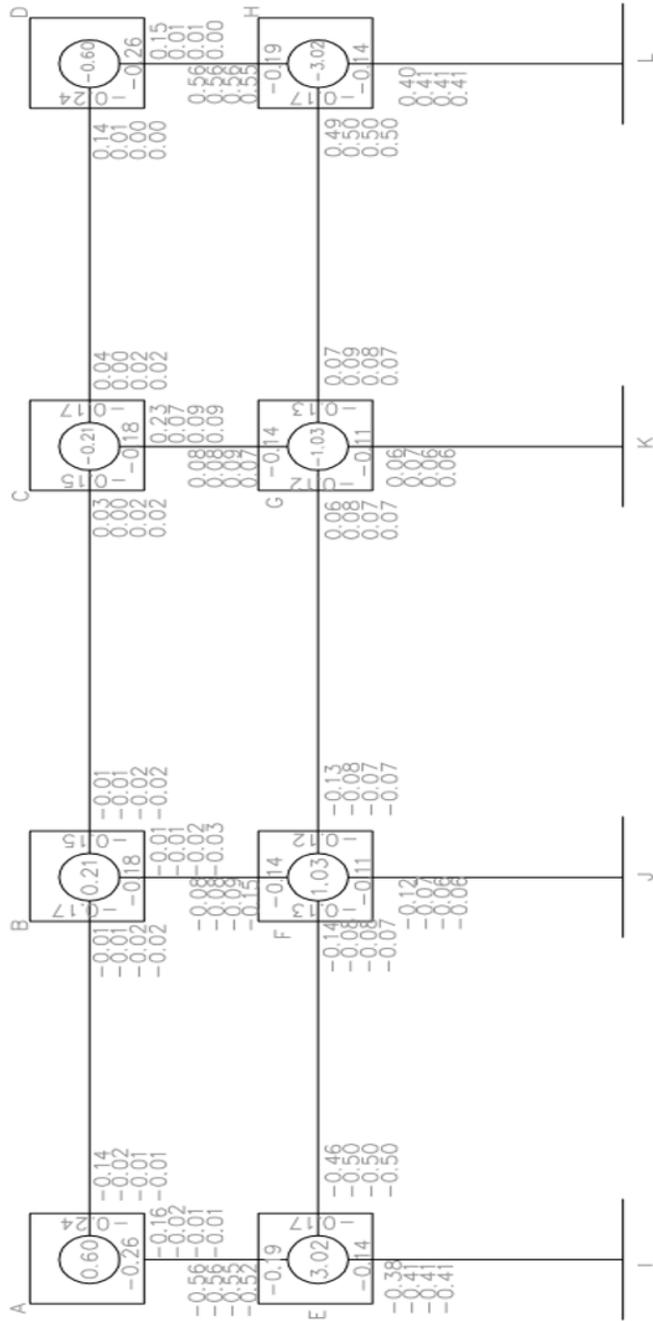
Siguiendo el mismo procedimiento, para la carga viva se tiene:

Tabla XXV. **Momentos fijos carga viva**

Momentos Fijos CV				
	wl ² /12			
2 NIVEL	MFAB	0,60	MFB	-0,60
	MBCD	0,60	MFDC	-0,60
	MFBC	0,81	MFCB	-0,81
1 NIVEL	MFEF	3,02	MFFE	-3,02
	MFGH	3,02	MFHG	-3,02
	MFFG	4,05	MFGF	-4,05

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Kani para cargas vivas



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Tabla XXVI. **Momentos finales carga viva**

EJE J CV			
NODO A	Ton-m	NODO E	
AE	-0,57	EA	-1,12
AB	0,57	EF	1,95
		EI	-0,82
NODO B			
BA	-0,64	NODO F	
BC	0,79	FB	-0,19
BF	-0,13	FE	-3,67
		FJ	-0,13
NODO C		FG	3,98
CB	0,79		
CD	0,65	NODO G	
CG	-0,13	GC	0,19
		GF	-3,98
NODO D		GK	0,13
DC	-0,57	GH	3,67
DH	0,57		
		NODO H	
NODO I	-0,41	ND	1,12
NODO J	-0,06	NG	-1,95
NODO K	0,06	NL	0,82
NODO L	0,41		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Momentos positivos para carga viva**

VIGAS	
AB	0,3
BC	0,43
CD	0,3
EF	1,73
FG	2,09
GH	1,73

Fuente: elaboración propia.

Para carga de sismo se tiene factor de corrimiento:

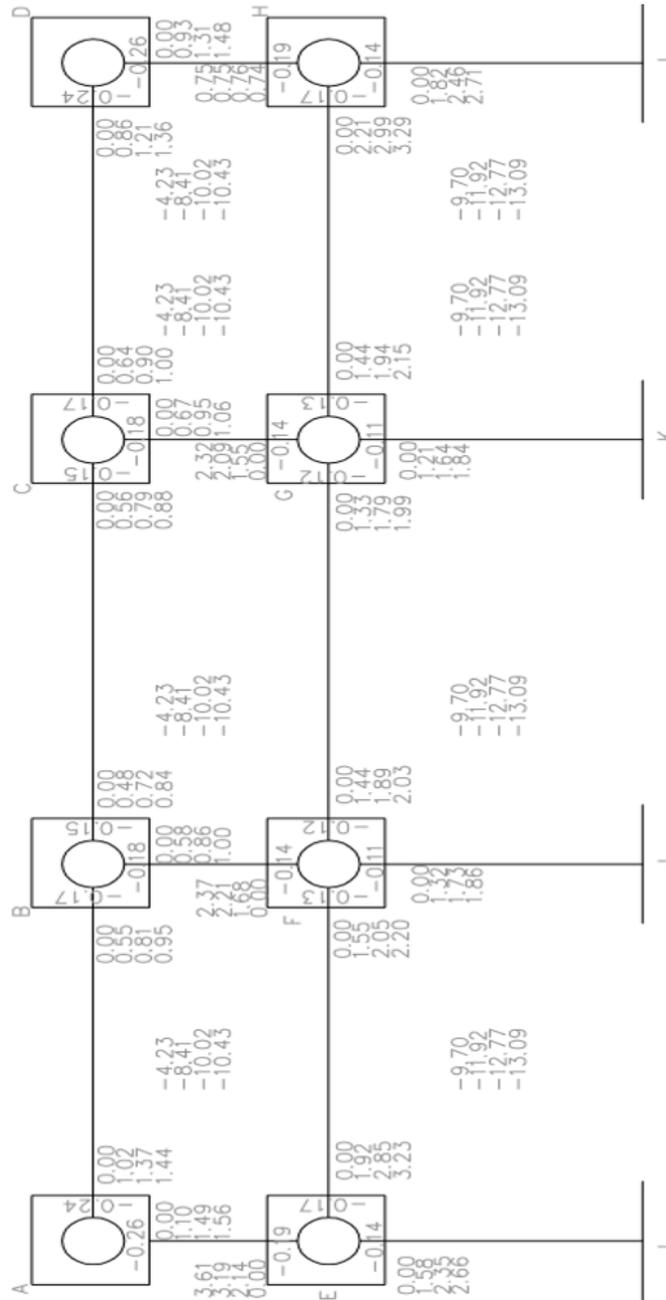
$$k = -\frac{3}{5}k / \sum k$$

Para los valores de Q por nivel se tiene

$$M_1 = 11,29$$

$$M_2 = 25,86$$

Figura 20. Kani para cargas por sismo



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

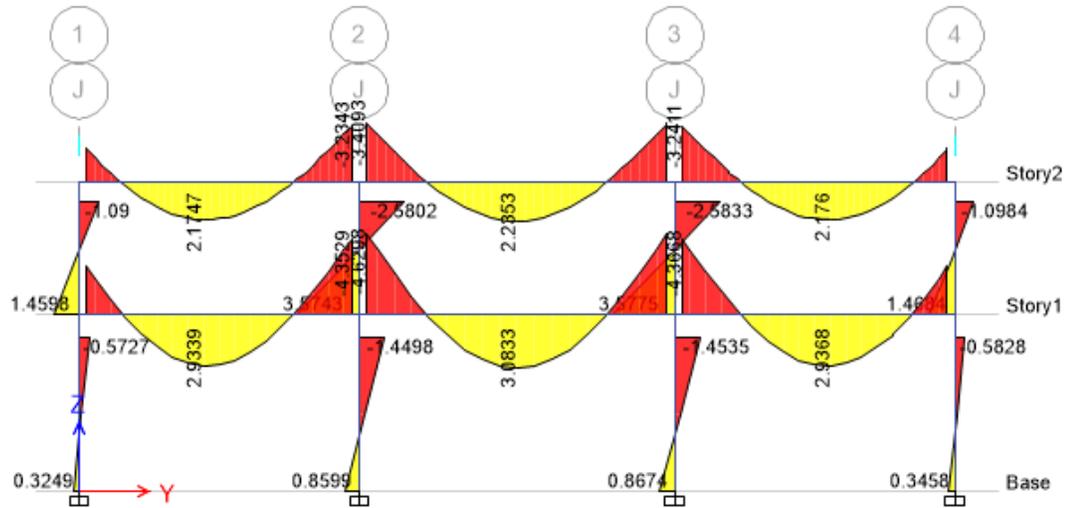
Tabla XXVIII. **Momentos finales para cargas por sismo**

EJE J SISMO			
NODO A	Ton-m	NODO E	
AE	-3,69	EA	-1,64
AB	3,84	EF	8,67
		EI	-7,77
NODO B			
BA	3,34	NODO F	
BC	2,56	FB	-4,68
BF	-6,05	FE	7,64
		FJ	-9,36
NODO C		FG	6,05
CB	2,6		
CD	3,36	NODO G	
CG	-6,00	GC	-4,74
		GF	6,00
NODO D		GK	-9,45
DC	3,73	GH	7,59
DH	-4,35		
		NODO H	
NODO I	-10,43	ND	-2,7
NODO J	-11,23	NG	5,5
NODO K	-11,27	NL	-7,67
NODO L	-10,38		

Fuente: elaboración propia.

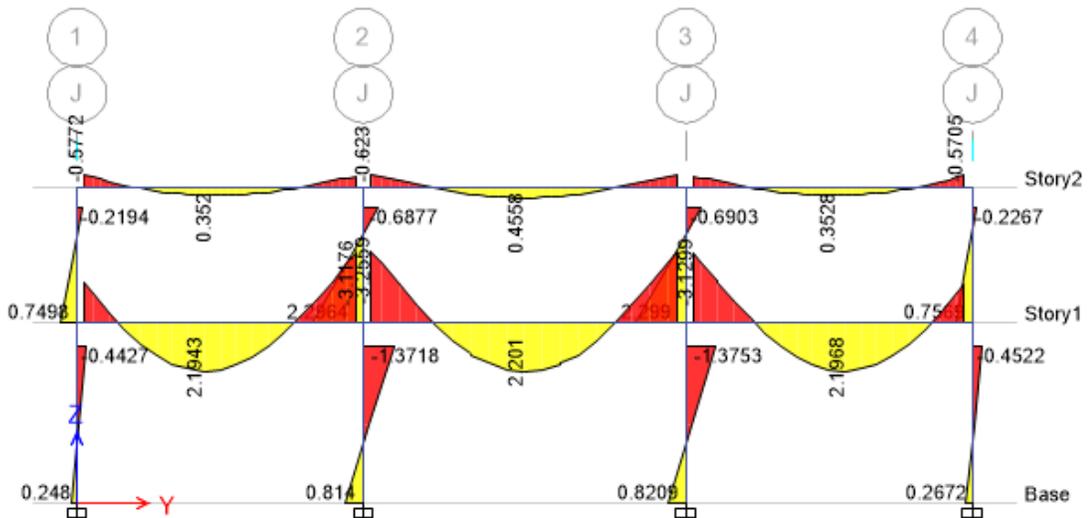
Distribución de momentos según ETABS

Figura 21. Carga muerta



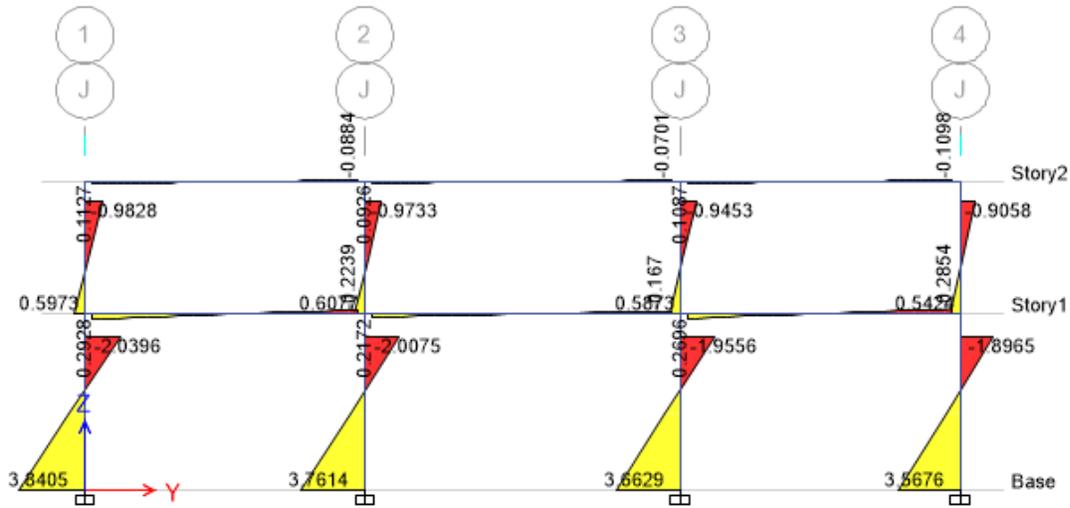
Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 22. Carga viva



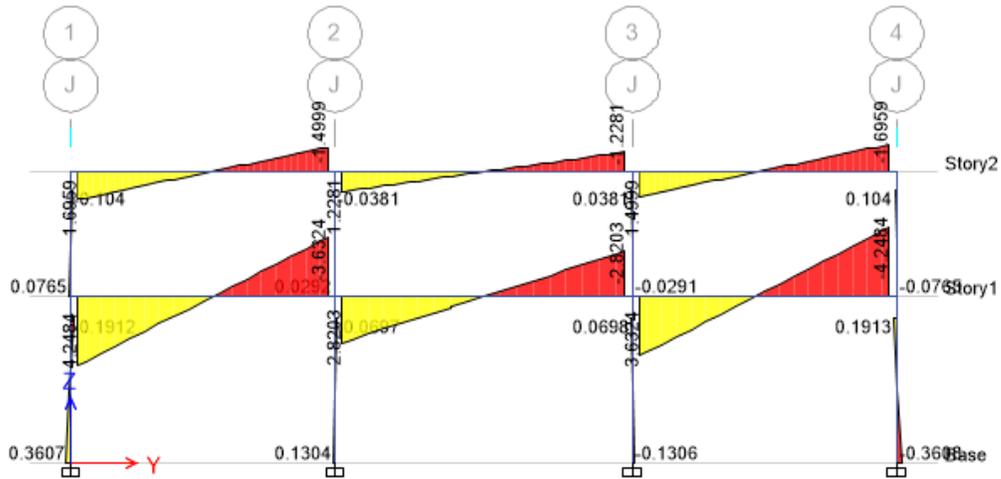
Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 23. Sismo en columnas



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 24. Sismo vigas



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Los resultados obtenidos entre el método numérico Kani y el software ETABS, mostraron un diferencial que va desde 3 a un 15 % lo cual entra en un rango aceptable de comparación entre ambos métodos.

3.7.5. Envolvente de momentos

Este representa el efecto de la superposición de los efectos de las cargas muertas, vivas y de sismo; las combinaciones que se utilizan, son las propuestas en el código ACI – 318. Tomando aquellas que magnifiquen los efectos de las cargas. Se determinará cuál es la más crítica.

$$U_1 = 1,4 * C.M. + 1,7 * C.V.$$

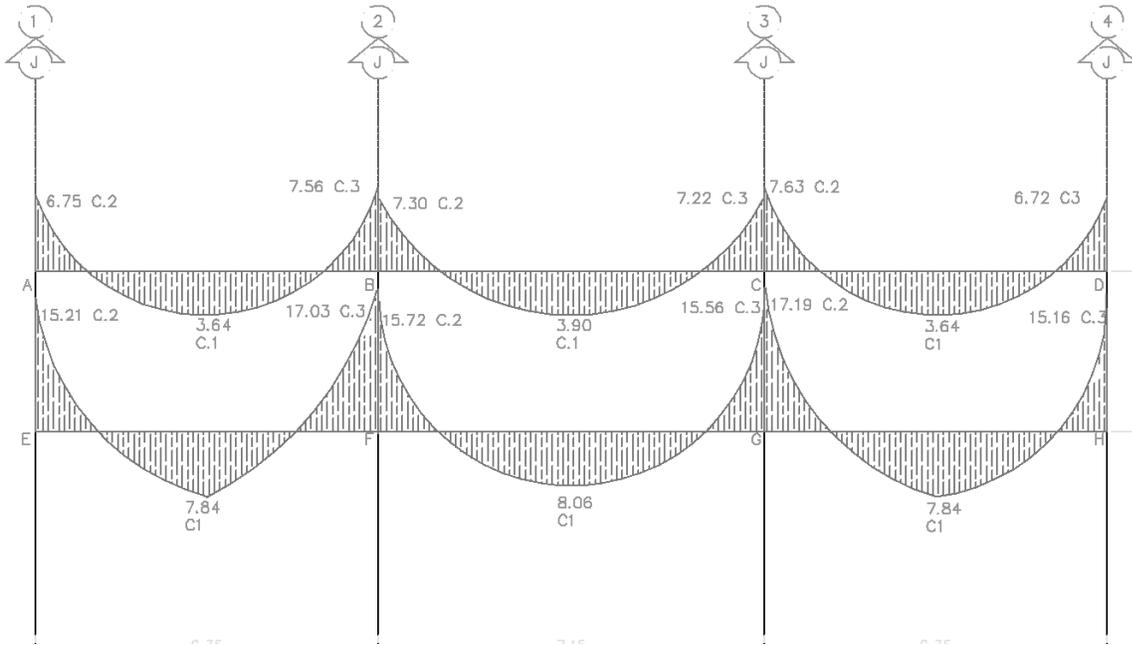
$$U_2 = 1,05 * C.M. + 1,275 * C.V. + 1,40 * S$$

$$U_3 = 1,05 * C.M. + 1,275 * C.V. - 1,40 * S$$

Debido a que el software ETABS utiliza un sistema matricial para la resolución de la estructura, se opta por utilizar los resultados del programa y no el análisis numérico. Esto debido a la exactitud del software ETABS 2013.

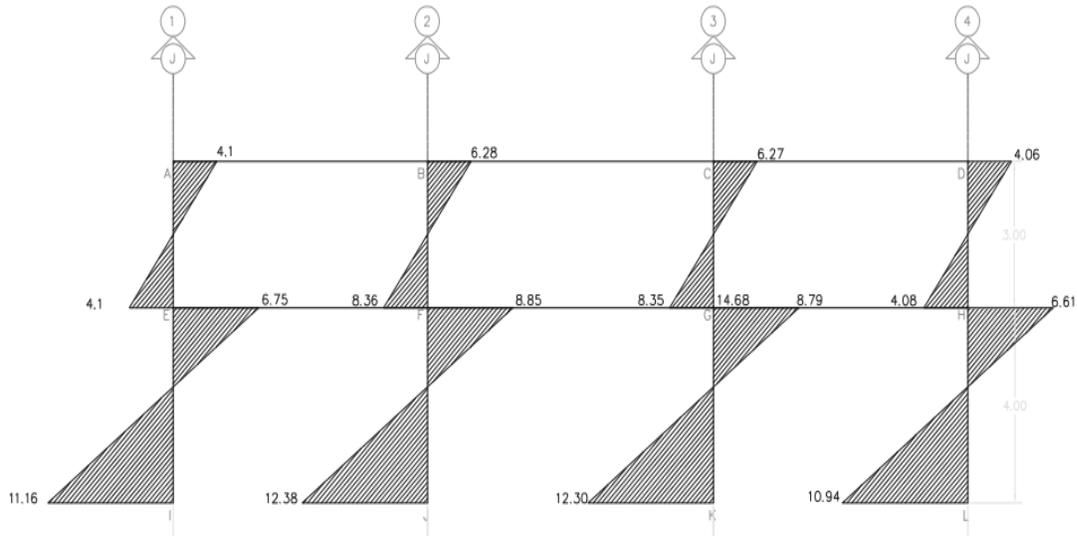
Los resultados de la envolvente de momentos para el marco J son los que se muestran en las figuras 25 y 26.

Figura 25. **Envolvente de momentos en vigas**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 26. **Envolvente de momentos en columnas**

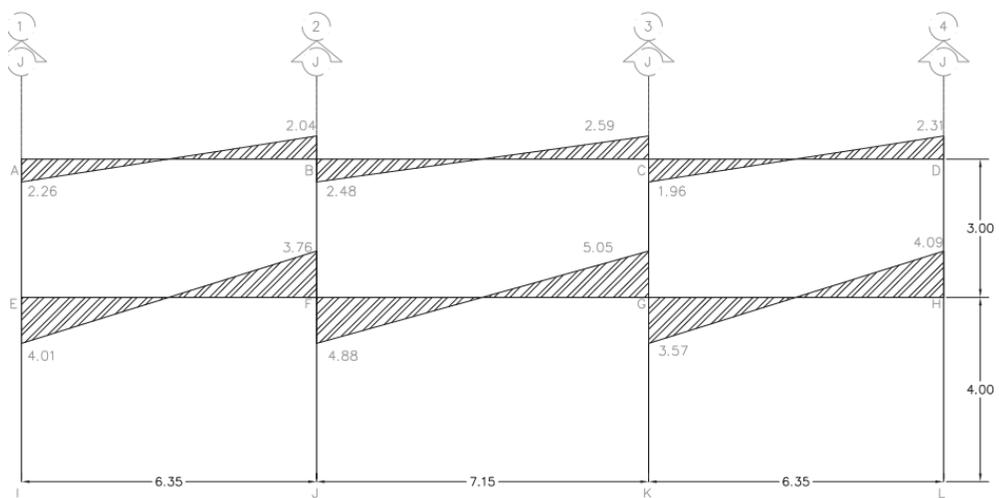


Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

3.7.6. Diagrama de corte y momento

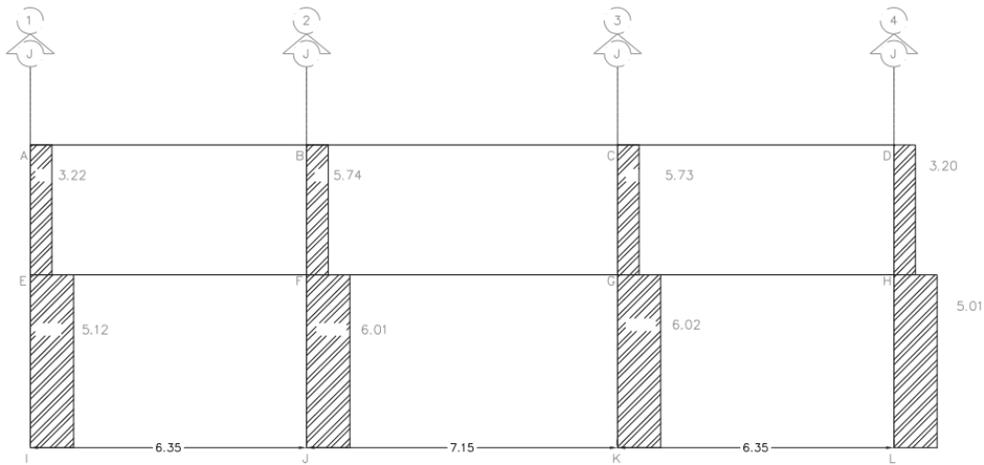
En las figuras 27 y 28 se detalla en diseño correspondiente al corte para vigas y al corete en columnas.

Figura 27. Diagrama de corte para vigas



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 28. Diagrama de corte en columnas



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

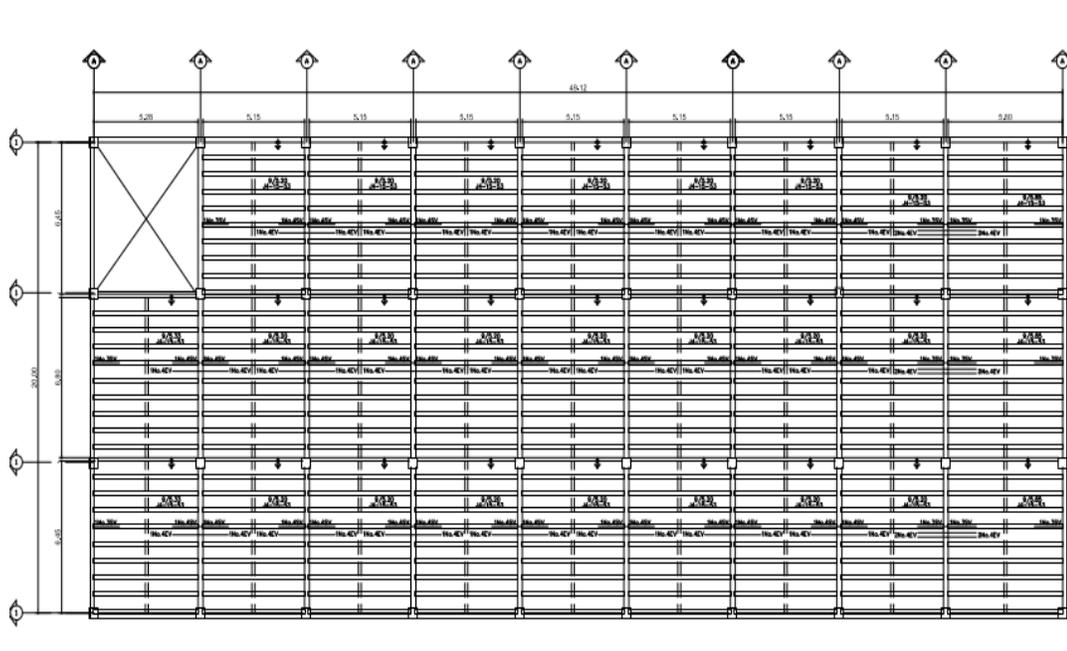
3.7.7. Diseño de losa

Las losas son elementos estructurales que funcionan como cubiertas o techos, pudiendo trabajar en uno o dos sentidos, esto se determina dividiendo el lado corto entre el lado largo, cuyo resultado, si es mayor de 0,5, se trabajará en dos sentidos, en el caso contrario trabajarlo en un sentido.

El procedimiento para calcular el espesor de la losa se detalla en la sección de predimensionamiento estructural.

Se determinó que para cubrir este espacio se necesitará una losa tipo vigueta y bovedilla con nervios en el sentido x de un espesor de 21 cm; 16 de nervio y 5 de espesor de losa.

Figura 29. Losa para primer y segundo nivel



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 30. Especificaciones de losa

Señor(es): **Municipalidad de Chiquimula**
 Dirección: Km 165 carretera CA 10 Chiquimula.

Apreciables Señor(es):
 Por medio de la presente, tenemos el agrado de cotizarle lo siguiente:

Cantidad	Tamaño	Descripción del Producto
27	5.85	VIGUETA J4-15-53 (5.01 A 6.00)
189	5.2	VIGUETA J4-15-53 (5.01 A 6.00)
18	5.33	VIGUETA J4-15-53 (5.01 A 6.00)
1,237	1	Alquiler Molde LK
83	14.1	MALLA DE 6 X 6 7/7
165	14	Servicio de flete

TOTAL QTZ 120,376.98
(Incluye IVA)

Especificaciones de la Losa	Valor	Unidad
Area total	974.34	m2
Espesor	0.21	m
Peso Propio:	269.00	Kg/m2
Carga Muerta:	100.00	Kg/m2

Fuente: presupuesto PRECON.

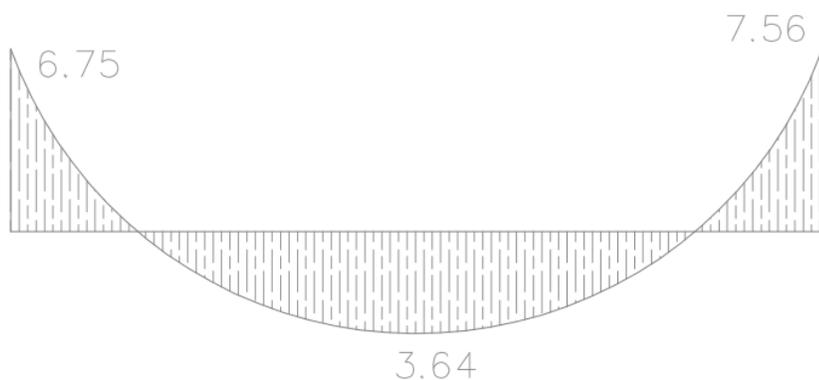
3.7.8. Diseño de viga

Las vigas son los elementos horizontales que reciben las cargas de las losas y las transmiten a las columnas, trabajan fundamentalmente a flexión, serán diseñadas por el método de resistencia última, que se basa en la suposición de que los elementos fallan cuando alcanzan la resistencia última, utilizando cargas factorizadas y reduciendo la resistencia de los materiales por medio del factor de reducción Φ .

La viga que se diseña a continuación, está ubicada en el segundo nivel del marco típico en el sentido Y.

Los datos tomados del análisis estructural, se muestran en la figura 31 se incluyen los momentos positivos, negativos, así también, los cortes últimos.

Figura 31. **Momento de viga sentido Y**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 32. **Esfuerzo cortante en viga**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Peralte

$d = \text{altura} - \text{recubrimiento} - \frac{1}{2} \varphi \text{ de varilla}$

$$d = 45,00 - 2,5 - 0,5$$

$$d = 42,00 \text{ cm}$$

Área de acero mínima, según cap. 10 del ACI se tiene que;

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{0,8\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d > A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{0,8\sqrt{210}}{2810} * 25,00 * 42,00 > A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{2810} * 25,00 * 42,00$$

4,33 > 5,23. Debido a que no es menor, se utiliza el mínimo

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,10}{2810,00} * 25,00 * 42,00$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 5,27 \text{ cm}^2$$

Área de acero máxima

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} * b * d$$

$$\rho_{\max} = 0.5\rho_{\text{bal}}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 * \beta * f'c}{f_y} * \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 * 0,85 * 210}{2810} * \frac{6000}{6000 + 2810}$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0,0370$$

$$\rho_{\max} = 0.5\rho_{\text{bal}} = 0,5 * 0,0370 = 0,0185$$

$$\rho_{\max} = 0,0185$$

$$A_{s_{\max}} = 0,0185 * 25,00 * 42,00$$

$$A_{s_{\max}} = 19,43 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal

Con los momentos dados se determinan las áreas de acero, utilizando la siguiente ecuación.

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f_c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left[25 * 42 - \sqrt{(25 * 42)^2 - \frac{6752 * 25}{0,003825 * 210}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right)$$

$$A_s = 6.69 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 2 Núm. 6 y 1 Núm. 4 para un total de 6,97 cm² para el lado izquierdo.

$$A_s = \left[25 * 42 - \sqrt{(25 * 42)^2 - \frac{7560 * 25}{0,003825 * 210}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right)$$

$$A_s = 7.54 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 2 núm. 6 y 2 núm. 4 para un total de 8,24 cm² para el lado derecho.

El capítulo 21 del código ACI 318-05 da los siguientes parámetros para calcular el refuerzo corrido y los bastones:

Para la cama superior se deberá considerar el $A_{s\text{mín}}$ y el 33 % del área de acero del momento negativo mayor, se aplicará el área de acero mayor y se propondrá un armado para esta.

Para la cama inferior se considerará el $A_{s\text{mín}}$, el 50 % del área de acero del momento negativo mayor y el 50 % del área de acero para el momento positivo mayor, de igual manera se aplicará el área de acero mayor y se propondrá un armado que cubra dicha área.

Se deben proporcionar, como mínimo, dos varillas corridas en la cama superior e inferior.

Armado para la cama superior

Criterios:

$$A_{s\text{mín}} = 5,27 \text{ cm}^2$$

$$33\% * As(-)_{\text{mayor}} = 2,21 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el área mayor, siendo esta, el área de acero mínima.

Armado propuesto y área de acero equivalente:

$$\text{Armado} = 2 \text{ núm. } 6$$

$$As = 5,70 \text{ cm}^2$$

Para completar el área de acero calculado en la longitud donde actúa el momento negativo, deberá colocarse un bastón de diámetro Núm. 4. Al igual que en el otro extremo.

Armado para la cama inferior

Criterios:

$$As_{\text{mín}} = 5,27 \text{ cm}^2$$

$$50 \% * As(+)_{\text{mayor}} = 2,63 \text{ cm}^2$$

$$50 \% * As(-)_{\text{mayor}} = 3,35 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el área mayor siendo esta, el área de acero mínima.

Armado propuesto y área de acero equivalente:

$$\text{Armado} = 2 \text{ núm. } 6$$

$$As = 5,70 \text{ cm}^2$$

Como se puede observar, el área de acero propuesta es suficiente para cubrir toda la cama inferior.

Acero transversal:

Luego de calcular el armado por flexión, se calcula el refuerzo para resistir los esfuerzos de corte sobre la viga (estribos), para lo cual se recurre al diagrama de corte de la viga.

$$V = \varphi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

Donde:

φ = factor de reducción de resistencia

$f'c$ = resistencia del concreto

b = base de la viga

d = peralte efectivo de la viga

Determinando acero transversal del eje A al eje B

Cálculo de corte resistente:

$$V_{res} = \varphi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210,00} * 25,00 * 42,00$$

$$V_{res} = 6\ 854,78 \text{ kg}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = 2\ 260,00 \text{ kg}$$

Si $V_{act} > V_{res}$, colocar estribos por corte en zona confinada.

Si $V_{act} < V_{res}$, colocar estribos a $S_{m\acute{a}x}$.

En este caso $V_{res} > V_{act}$, por lo que se colocan estribos a S_{max} .

Espaciamiento máximo:

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

$$S_{m\acute{a}x} = 42,00/2$$

$$S_{m\acute{a}x} = 21,00 \text{ cm}$$

En estructuras a base de marcos dúctiles con nudos rígidos se colocan estribos en los extremos de la viga, según requerimiento de la sección 21.3.3.2 del código ACI 318-05, en una longitud igual a $2d$.

- El espaciamento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de: a) $d/4$. b) Ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequenas. c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento. d) 300 mm.

$$L_{confinamiento} = 2 * d$$

Según los criterios anteriores:

Inciso a

$$S = d/4$$

$$S = 42,00/4$$

$$S = 10,50 \text{ cm}$$

Inciso b

$$S = 8 * \phi_{\text{barra longitudinal menor}}$$

$$S = 8 * 1,27$$

$$S = 10,16 \text{ cm}$$

Inciso c

$$S = 24 * \phi_{\text{barra de estribo}}$$

$$S = 24 * 0,95$$

$$S = 22,86 \text{ cm}$$

Inciso d

$$S = 30,00 \text{ cm}$$

Longitud de confinamiento

$$L_{\text{confinamiento}} = 2 * 42,00$$

$$L_{\text{confinamiento}} = 84,00 \text{ cm}$$

Se determina utilizar estribos núm. 3 @ 0,10 m, medidos desde ambos extremos, hasta una longitud de 84,00 cm, luego se colocará estribo núm. 3 @ 0,20 m.

A continuación, el resumen de las vigas del primer y segundo nivel en sentido Y que se detallan en la tabla XXIX.

Tabla XXIX. **Acero requerido para momentos negativos**

Viga	M (Ton-m)	As (cm ²)
AB	6,75	6,69
BA	7,56	7,54
BC	7,3	7,27
CB	7,22	7,18
CD	7,63	7,62
DC	6,72	6,66
EF	15,21	14,13
FE	17,03	18,64
FG	15,72	14,67
GF	15,56	14,5
GH	17,19	16,23
HG	15,16	14,08

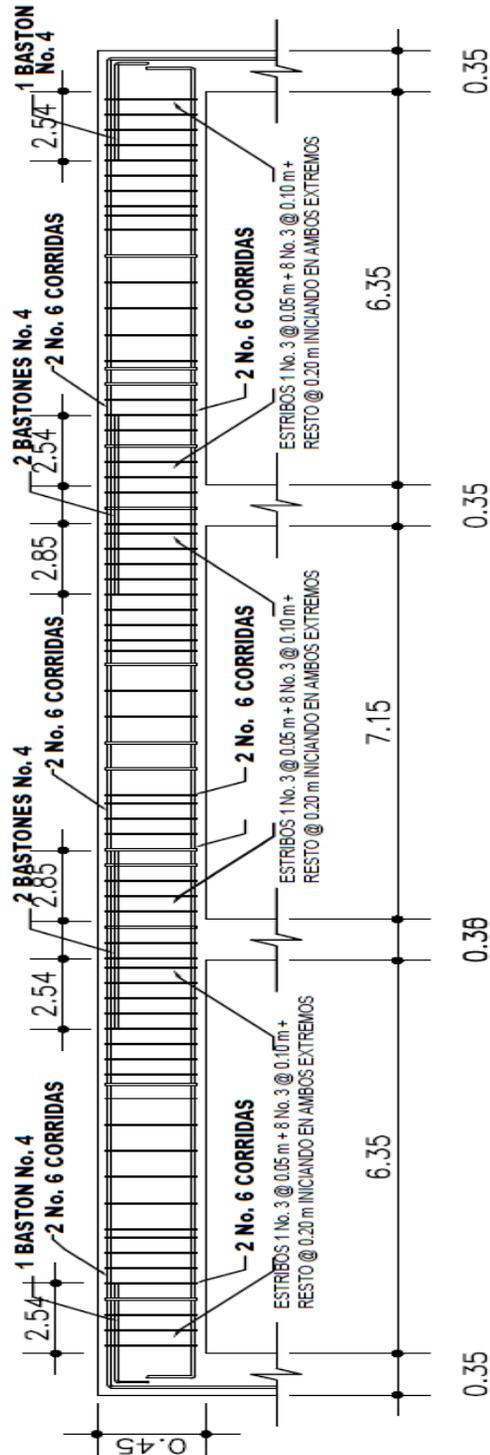
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Acero requerido para momento positivo**

Viga	M (Ton-m)	As (cm ²)
AB	3,64	5,7
BC	3,9	5,7
CD	3,64	5,7
EF	7,84	8,55
FG	8,06	8,55
GH	7,84	8,55

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Detalle de armado del segundo nivel



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

3.7.9. Diseño de columnas

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

El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas de la edificación escolar, el cual se aplica las del nivel 2.

Diseño de columna de segundo nivel

Sección de columna

$b = 35,00 \text{ cm}$

$h = 35,00 \text{ cm}$

Sección de viga

$b = 25,00 \text{ cm}$

$h = 45,00 \text{ cm}$

Área tributaria

$$A = 17,28 \text{ m}^2$$

Longitud de viga en área tributaria

$$L = 5,52 \text{ m}$$

Momentos máximos

$$M_x = 8\,350,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$M_y = 8\,350,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Cortantes máximos

$$V_x = 5\,733,00 \text{ kg}$$

$$V_y = 5\,733,00 \text{ kg}$$

Carga muerta última

$$\text{C.M.U.} = 1,4 * (\text{peso de losa} + \text{sobre carga} + \text{acabados})$$

$$\text{C.M.U.} = 1,4 * (269,00 + 100,00 + 148,00)$$

$$\text{C.M.U.} = 723,80 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última

$$\text{C.V.U.} = 1,7 * (\text{carga viva de techo})$$

$$C.V.U. = 1,7 * (100,00)$$

$$C.V.U. = 170,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga última

$$C.U. = C.M.U. + C.V.U.$$

$$C.U. = 723,80 + 170,00$$

$$C.U. = 893,80 \text{ kg/m}^2$$

Factor de carga última

$$F.C.U. = \frac{C.U.}{C.M. + C.V.}$$

$$F.C.U. = \frac{893,80}{723,80/1,4 + 170,00/1,7}$$

$$F.C.U. = 1,45$$

Carga axial última

$$P_{\text{última}} = A_{\text{tributaria}} * C.U. + \text{Peso}_{\text{viga}} * F.C.U.$$

$$P_{\text{última}} = 17,28 * 893,80 + 0,25 * 0,45 * 5,52 * 2\,400,00 * 1,45$$

$$P_{\text{última}} = 17\,603,89 \text{ kg}$$

$$P_{\text{última}} = 17,60 \text{ ton}$$

Las columnas se clasifican según su esbeltez, con el objetivo de ubicarlas en un rango, y determinar su comportamiento bajo cargas sometidas y diseñarlas con base a esto.

- Columnas cortas ($E < 22$):

Diseñarlas con los datos originales del diseño estructural

- Columnas intermedias ($22 > E > 100$):
Diseñarlas magnificando los momentos actuantes
- Columnas largas ($E > 100$):
No construirlas.

Cálculo de coeficiente que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ), luego se utilizarán ecuaciones para determinar el factor de longitud efectiva.

Sentido X

$$I_{col} = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$I_{col} = \frac{1}{12} * 0,35 * (0,35)^3$$

$$I_{col} = 0,001251$$

$$I_{vig} = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$I_{vig} = \frac{1}{12} * 0,25 * (0,45)^3$$

$$I_{vig} = 0,001898$$

$$k_{col} = I_{col} / L$$

$$k_{col} = 0,001251 / 3,00$$

$$k_{col} = 0,000417$$

$$k_{vig-izq} = I_{vig} / L_{vig-izq}$$

$$k_{\text{vig-izq}} = 0,001898 / 5,52$$

$$k_{\text{vig-izq}} = 0,000344$$

$$k_{\text{vig-der}} = I_{\text{vig}} / L_{\text{vig-der}}$$

$$k_{\text{vig-der}} = 0,001898 / 5,00$$

$$k_{\text{vig-der}} = 0,000380$$

Extremo superior

$$\Psi_a = \frac{\sum k_{\text{col}}}{\sum k_{\text{vig}}}$$

$$\Psi_a = \frac{0,001251}{0,000344 + 0,000380}$$

$$\Psi_a = 1,7281$$

Extremo inferior

$$\Psi_b = \frac{\sum k_{\text{col}}}{\sum k_{\text{vig}}}$$

$$\Psi_b = \frac{0,001251 + 0,001251}{0,000344 + 0,000380}$$

$$\Psi_b = 3,4563$$

Promedio

$$\Psi_p = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$$

$$\Psi_p = \frac{1,7281 + 3,4563}{2}$$

$$\Psi_p = 2,592$$

Factor de longitud efectiva para $\Psi_p > 2$

$$k = \frac{(20 - \Psi_p)}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p}$$

Factor de longitud efectiva para $\Psi_p > 2$

$$k = 0,9 * \sqrt{1 + \Psi_p}$$

Debido a que $\Psi_p > 2$

$$k = 0,9 * \sqrt{1 + \Psi_p}$$

$$k = 0,9 * \sqrt{1 + 2,592}$$

$$k = 1,7$$

Esbeltez en columna

$$E = \frac{k * L_u}{0,35 * lado}$$

$$E = \frac{1,7 * 3,00}{0,35 * 0,35}$$

E = 41,63 se clasifica como columna intermedia.

Sentido Y

Para este sentido se opera exactamente igual, se tiene los resultados siguientes:

$$k_{col} = 0,000417$$

$$k_{vi} = 0,000379$$

$$k_{vd} = 0,000316$$

$$\text{Extremo superior} = 0,5988$$

$$\text{Extremo inferior} = 1,1976$$

$$\text{Promedio} = 0.892$$

Factor de longitud efectiva para $\Psi_p < 2$

$$k = \frac{(20 - \Psi_p)}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p}$$

Debido a que $\Psi_p < 2$

$$k = \frac{(20 - \Psi_p)}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p}$$

$$k = \frac{(20 - 0,892)}{20} * \sqrt{1 + 0,892}$$

$$k = 1,31$$

Esbeltez en columna

$$E = \frac{k * L_u}{0,3 * lado}$$

$$E = \frac{1,31 * 3,00}{0,35 * 0,35}$$

E = 32,08 columna intermedia

Debido a los resultados de esbeltez se deben magnificar los momentos.

Magnificación de momentos

Para un análisis estructural convencional de primer orden, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos lateral de los miembros, es necesario modificar los valores calculados, con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI – 318 de magnificación de momentos.

Sentido X

Factor de flujo plástico del concreto

$$\beta_d = \frac{C.M.U.}{C.U.}$$

$$\beta_d = \frac{723,80}{893,80}$$

$$\beta_d = 0,81$$

Cálculo del EI total del material

$$EI = \frac{E_c * I_{col}}{2,5 * (\beta d + 1)}$$

$$EI = \frac{(15\ 100,00 * \sqrt{210,00}) * \left(\frac{1}{12} * 35,00 * (35,00)^3\right)}{2,5 * (0,81 + 1)}$$

$$EI = 6,04E^9 \text{ kg*cm}^2$$

$$EI = 604,73 \text{ ton*m}^2$$

Carga crítica de pandeo por Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(k * L_u)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 337,24}{(1,70 * 3,00)^2}$$

$$P_{cr} = 229,47 \text{ ton}$$

- Magnificador de momentos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi * P_{cr}}}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{17,6}{0,70 * 229,47}}$$

$$\delta = 1,12$$

Sentido Y

Factor de flujo plástico del concreto

$$\beta_d = \frac{CMU}{CU}$$

$$\beta_d = \frac{723,80}{893,80}$$

$$\beta_d = 0,81$$

Cálculo del EI total del material

$$EI = \frac{E_c * I_{col}}{2,5 * (\beta_d + 1)}$$

$$EI = \frac{(15\ 100,00 * \sqrt{210,00}) * \left(\frac{1}{12} * 35,00 * (35,00)^3\right)}{2,5 * (0,81 + 1)}$$

$$EI = 6,04E^9 \text{ kg*cm}^2$$

$$EI = 604,73 \text{ ton*m}^2$$

Carga crítica de pandeo por Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(k * L_u)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 604,73}{(1,31 * 3,00)^2}$$

$$P_{cr} = 386,43 \text{ ton}$$

Magnificador de momentos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi * P_{cr}}}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{17,60}{0,70 * 386,43}}$$

$$\delta = 1,07$$

Momentos de diseño

$$Md_x = \delta * M_x$$

$$Md_x = 1,12 * 8\,350,00$$

$$Md_x = 9\,352,00 \text{ kg*m}$$

$$Md_x = 9,352 \text{ Ton*m}$$

$$Md_y = \delta * M_y$$

$$Md_y = 1,07 * 8\,350,00$$

$$Md_y = 8\,935,5 \text{ kg*m}$$

$$Md_x = 8,934 \text{ Ton*m}$$

- Acero longitudinal por el método Bresler:

Este método es una aproximación al perfil de la superficie de la falla, siendo un procedimiento sencillo que produce resultados satisfactorios. El método Bresler consiste en aproximar el valor $1/P'u$ a través de un punto del

plano; determinado por tres valores: carga axial pura ($P'o$), carga de falla para una excentricidad e_x ($P'ux$) y carga de falla para una excentricidad e_y ($P'uy$).

Límites de acero:

Según ACI 318s-08, el área de acero en una columna, debe estar dentro de los siguientes límites $1 \% A_g < A_s < 6 \% A_g$, en zona sísmica.

$$A_{s_{\text{mín}}} = 0,01 * \text{área de sección}$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 0,01 * 35,00 * 35,00$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 12,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 0,06 * \text{área de sección}$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 0,06 * 35,00 * 35,00$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 73,50 \text{ cm}^2$$

Armado propuesto y área de acero equivalente:

$$\text{Armado} = 4 \text{ núm. } 8 + 4 \text{ núm. } 6$$

$$A_s = 31,64 \text{ cm}^2$$

Parámetros independientes

$$Y_{x,y} = \frac{d - d'}{h}$$

$$Y_{x,y} = \frac{32,00 - 3,00}{35,00}$$

$$Y_{x,y} = 0,80$$

Excentricidades

$$e_x = M_{d_x} / P_u$$

$$e_x = 9,35 / 17,60$$

$$e_x = 0,53 \text{ m}$$

$$e_y = M_{d_y} / P_u$$

$$e_y = 8,93 / 17,60$$

$$e_y = 0,51 \text{ m}$$

Diagonales

$$e_x / h_x = 0,53 / 0,35$$

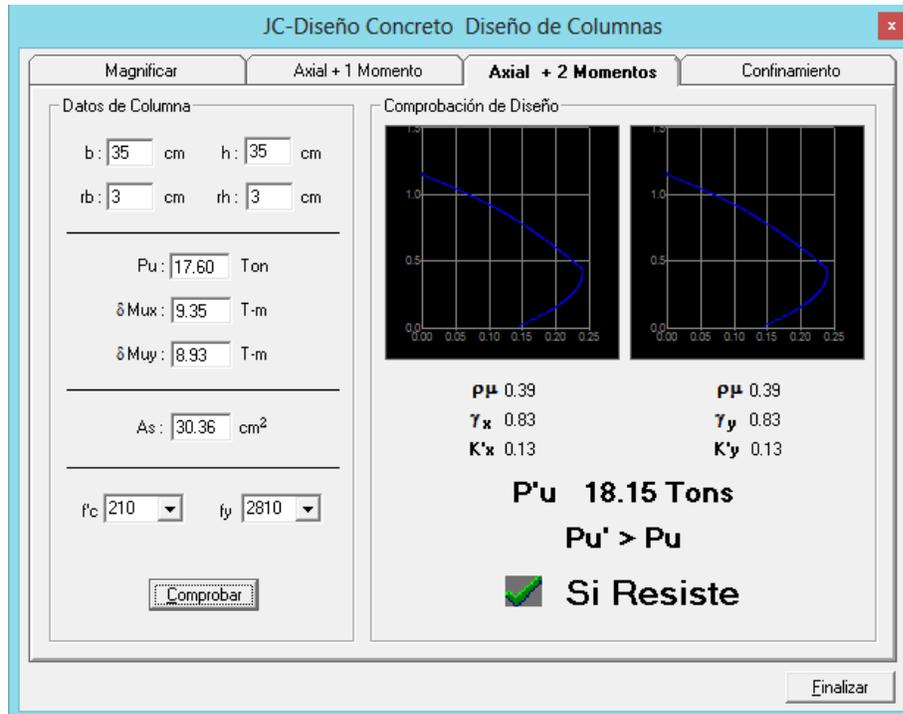
$$e_x / h_x = 1,76$$

$$e_y / h_y = 0,51 / 0,35$$

$$e_y / h_y = 1,70$$

De los diagramas de interacción, utilizando el programa JC diseño, se obtienen los siguientes valores:

Figura 34. Carga resistente según JC –diseño



Fuente: elaboración propia.

Valores obtenidos de las gráficas generadas con el programa JC – diseño:

$$k_x = 0,13$$

$$k_y = 0,13$$

Cargas:

$$P'_{ux} = k_x * f'c * b * h$$

$$P'_{ux} = 0,13 * 210,00 * 0,35 * 0,35$$

$$P'_{ux} = 33\,442,50 \text{ kg}$$

$$P'_{uy} = k_y \cdot f'_c \cdot b \cdot h$$

$$P'_{uy} = 0,13 \cdot 210,00 \cdot 0,35 \cdot 0,35$$

$$P'_{uy} = 33\,442,50 \text{ kg}$$

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

$$P'_o = 0,70 \cdot (0,85 \cdot 210,00 \cdot (35,00 \cdot 35,00 - 30,36) + 30,36 \cdot 2\,810,00)$$

$$P'_o = 208\,988,38 \text{ kg}$$

Carga resistente de la columna:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{33\,442,50} + \frac{1}{33\,442,50} - \frac{1}{208\,988,38}}$$

$$P'_u = 18\,175,47 \text{ kg}$$

$$P'_u > P_u$$

$$18\,175,47 > 17\,603,89 \text{ kg}$$

Debido a que la carga axial última es mayor a la carga actuante última, el armado propuesto es correcto.

- Acero transversal (estribos)

Además de diseñar las columnas para resistir flexocompresión, es necesario dotarlas con suficiente ductilidad, con el objetivo de que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Se ha determinado que si las columnas se confinan, la capacidad de carga es mucho mayor y mejora notablemente la ductilidad de la columna. El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

Corte resistente:

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210,00} * 35,00 * 32,00$$

$$V_r = 7\,311,77 \text{ kg}$$

Corte actuante:

$$V_u = 4\,977,92 \text{ kg}$$

Espaciamiento máximo:

$$S_{\text{máx}} = \frac{d}{2}$$

$$S_{\text{máx}} = \frac{32,00}{2}$$

$$S_{\text{máx}} = 16,00 \text{ cm}$$

$V_{\text{res}} > V_u$, por lo que se utilizará $S_{\text{máx}}$ en la zona no confinada, según los requerimientos del ACI 318s-08.

Refuerzo por confinamiento:

La longitud de confinamiento se escoge entre la mayor de las siguientes opciones:

$$\text{Opción 1} = \frac{L_u}{6}$$

$$\text{Opción 1} = \frac{300,00}{6}$$

$$\text{Opción 1} = 50,00 \text{ cm}$$

Opción 2 = lado mayor de sección de columna

Opción 2 = 35,00 cm

Opción 3 = 45,00 cm

Se utilizará una longitud de confinamiento de 50,00 cm.

Relación volumétrica

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

$$\rho_s = 0,45 * \left(\left(\frac{1225}{841} - 1 \right) * \left(0,85 * \frac{210,00}{2810,00} \right) \right)$$

$$\rho_s = 0,01305$$

Determinando chequeo:

$$\rho_s > 0,12 * \frac{f'_c}{f_y}$$

$$\rho_s > 0,12 * \frac{210,00}{2810,00}$$

$$\rho_s > 0,0090$$

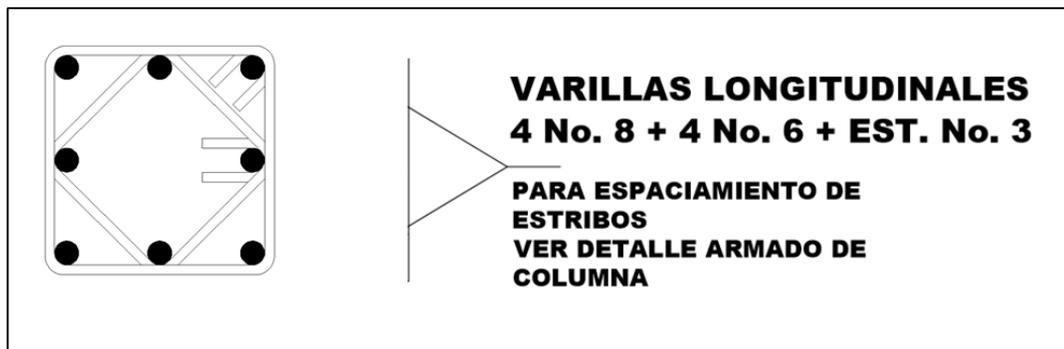
Cálculo del espaciamiento, según cuantía volumétrica con hierro núm. 3:

$$S = \frac{4 * A_v}{\rho_s * L_n}$$

$$S = \frac{4 * 0,71}{0,01305 * 29,00}$$

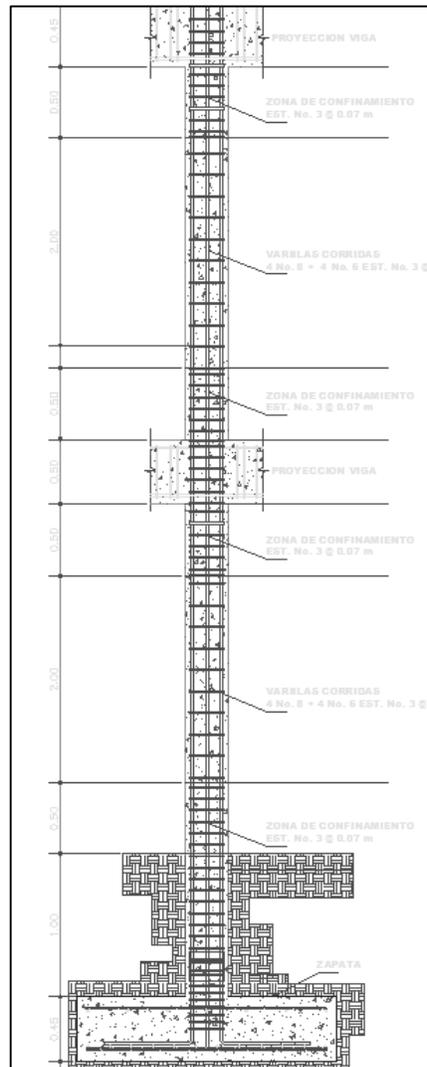
$$S = 7,50 \text{ cm}$$

Figura 35. Detalle de armado de columna



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 36. Armado final en columna



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

3.7.10. Diseño de gradas

El módulo de gradas se diseñó como una estructura independiente de los marcos, esto con el fin de que al momento que ocurra un sismo, esta no se vea afectada por las acciones de la estructura.

Una escalera debe ser cómoda y segura, dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación entre huella y contrahuella.

La huella y la contra huella deben cumplir con los siguientes criterios:

$$c < 20,00 \text{ cm}$$

$$h > c$$

$$(2 * c + h) < 64,00 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$(c + h) = 45,00 \text{ a } 48,00 \text{ cm}$$

$$c * h = 480,00 \text{ a } 500,00 \text{ cm}^2$$

Donde:

c = contra huella

h = huella

Los datos seleccionados para los elementos son los siguientes:

$$c = 17,50 \text{ cm}$$

$$h = 27,50 \text{ cm}$$

Determinando núm. de escalones:

$$N_{\text{escalones}} = \frac{\text{altura de edificio}}{c}$$

$$N_{\text{escalones}} = \frac{350,00}{17,50}$$

$$N_{\text{escalones}} = 20,00$$

Se tienen 10 contrahuellas y 9 huellas antes del descanso.

Verificando que cumpla con los criterios anteriores:

$$c < 20,00 \text{ cm}$$

$$c = 17,50 \text{ cm}$$

$$h > c$$

$$h = 27,50$$

$$(2 * c + h) < 64,00 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$(2 * 17,50 + 27,50) = 62,50 \text{ cm}$$

$$(c + h) = 45,00 \text{ a } 48,00 \text{ cm}$$

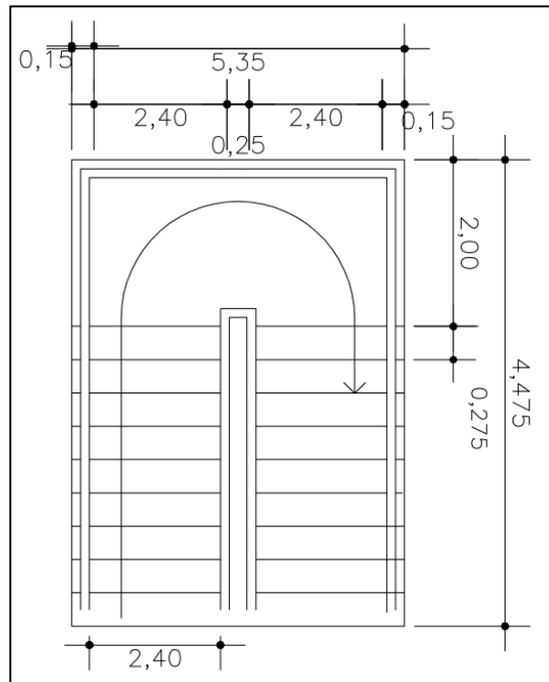
$$(17,50 + 27,50) = 45,00 \text{ cm}$$

$$c * h = 480,00 \text{ a } 500,00 \text{ cm}^2$$

$$17,50 * 27,50 = 481,25 \text{ cm}^2$$

A continuación, en la figura 37 se presenta una planta del módulo de gradas:

Figura 37. Módulo de gradas



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Por ser una losa que se encuentra, simplemente apoyada en dos extremos, se considerará como losa en un sentido.

Longitud de losa

$$\text{Longitud} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\text{Longitud} = \sqrt{247,50^2 + 175^2}$$

$$\text{Longitud} = 303,12 \text{ cm}$$

Espesor de la losa

$$t = \frac{\text{Longitud}}{24}$$

$$t = \frac{303,12}{24}$$

$$t = 13,00 \text{ cm}$$

Integración de cargas

Carga muerta:

C.M. = peso propio de escalera + sobre carga + acabados

$$\text{C.M.} = 2\,400,00 * \left(0,13 + \frac{0,175}{2}\right) + 60,00 + 20,00$$

$$\text{C.M.} = 602,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva:

C.V. = carga viva para escaleras

$$\text{C.V.} = 500,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga última:

C.U. = (1,4 * C.M. + 1,7 * C.V.) * franja unitaria

$$\text{C.U.} = (1,4 * 602,00 + 1,7 * 500,00) * 1,00$$

$$\text{C.U.} = 1\,692,80 \text{ kg/m}$$

Cálculo de momentos actuantes en losa

$$M(+)= \frac{W * L^2}{9}$$

$$M(-) = \frac{W * L^2}{14}$$

Donde:

W = carga última

L = longitud de losa

Momentos:

$$M(+) = \frac{W * L^2}{9}$$

$$M(+) = \frac{1\,692,80 * 3,03^2}{9}$$

$$M(+) = 1\,728,18 \text{ kg*m}$$

$$M(-) = \frac{W * L^2}{14}$$

$$M(-) = \frac{1\,692,80 * 3,03^2}{14}$$

$$M(-) = 1\,110,98 \text{ kg*m}$$

Acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

Donde:

f_y = límite de fluencia del acero

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

Área de acero mínimo

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14.1}{2,810.00} * 100.00 * 10.50$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 5.27 \text{ cm}^2$$

Área de acero

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f_c}{f_y} \right)$$

Donde:

b = franja unitaria

d = peralte efectivo

M = momento analizado

f'c = resistencia a la compresión del concreto

f_y = límite de fluencia del acero

Áreas de acero para momento positivo y negativo.

Acero para momento positivo:

$$A_{s(+)} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f_c}{f_y} \right)$$

$$As(+) = \left[100,00 * 10,50 - \sqrt{(100,00 * 10,50)^2 - \frac{1\,728,18 * 100,00}{0,003825 * 210,00}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210,00}{2\,810,00} \right)$$

$$As(+) = 6,86 \text{ cm}^2$$

Acero para momento negativo:

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

$$As(-) = \left[100,00 * 10,50 - \sqrt{(100,00 * 10,50)^2 - \frac{1\,110,98 * 100,00}{0,003825 * 210,00}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210,00}{2\,810,00} \right)$$

$$As(-) = 4,32 \text{ cm}^2$$

Espaciamientos

Espaciamiento para momento positivo con hierro núm.4

$$S = \text{Área de acero hierro núm. 4} * \frac{\text{franja unitaria}}{As(+)}$$

$$S = 1,27 * \frac{100,00}{6,86}$$

$$S = 18,46 \text{ cm}$$

Espaciamiento para momento negativo con hierro Núm. 4

$$S = \text{Área de acero hierro núm. 4} * \frac{\text{franja unitaria}}{As(-)}$$

$$S = 1,27 * \frac{100,00}{4,32}$$

$$S = 29,30 \text{ cm}$$

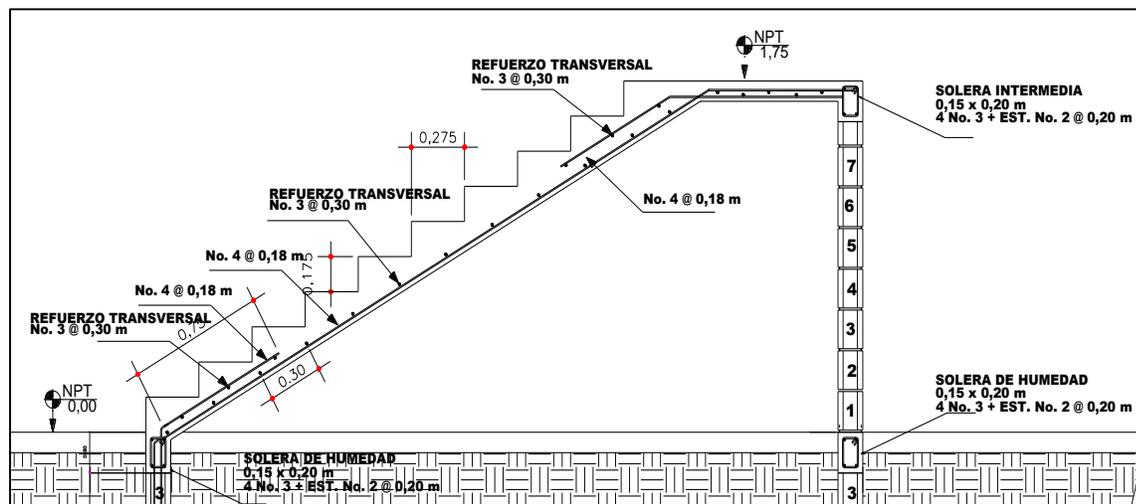
Acero por temperatura, se colocará en sentido transversal

$$As_{temp} = 0,002 * b * d$$

$$As_{temp} = 0,002 * 100,00 * 10,50$$

$$As_{temp} = 2,10 \text{ cm}^2$$

Figura 38. Armado final de gradas



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

3.7.11. Diseño de cimientos

En este proyecto se utilizarán zapatas concéntricas, para las columnas y cimiento corrido para los muros de mampostería. Las zapatas son miembros estructurales que se usan para soportar columnas y muros, para transmitir las cargas al suelo subyacente. El material más adecuado es el concreto reforzado, se utiliza para edificios de concreto reforzado, de acero estructural, puentes, torres y otras estructuras.

A continuación se detalla el procedimiento para el cálculo de las zapatas concéntricas y cimiento corrido.

Datos:

$$M_x = 12,30 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

$$M_y = 12,30 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

$$P_u = 33,92 \text{ ton}$$

$$V_s = 34,87 \text{ ton}/\text{m}^2$$

$$Y_{\text{suelo}} = 1,82 \text{ ton}/\text{m}^3$$

$$\text{FCU} = 1,50$$

Cargas de trabajo

$$P'_t = \frac{P_u}{\text{FCU}}$$

$$M'_{tx} = \frac{M_x}{\text{FCU}}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y}{FCU}$$

Donde:

P_u = carga axial última

FCU = factor de carga última

M_x = momento en el sentido x

M_y = momento en el sentido y

Determinando cargas de trabajo

$$P'_t = \frac{P_u}{FCU}$$

$$P'_t = \frac{33,92}{1,50}$$

$$P'_t = 22,61 \text{ ton}$$

$$M'_{tx} = \frac{M_x}{FCU}$$

$$M'_{tx} = \frac{13,50}{1,50}$$

$$M'_{tx} = 9,00 \text{ ton*m}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y}{FCU}$$

$$M'_{ty} = \frac{12,30}{1,50}$$

$$M'_{ty} = 8,20 \text{ ton*m}$$

Predimensionamiento del área de zapata

$$A_{\text{zapata}} = \frac{1,5 * P'_t}{V_s}$$

Donde:

P'_t = carga de trabajo

V_s = valor soporte del suelo

Área de zapata

$$A_{\text{zapata}} = \frac{1,5 * P'_t}{V_s}$$

$$A_{\text{zapata}} = \frac{1,5 * 22,61}{34,87}$$

$$A_{\text{zapata}} = 0,97 \text{ m}^2$$

Según el resultado se propone utilizar las siguientes secciones y el área equivalente:

$$b = 1,50 \text{ m}$$

$$h = 1,50 \text{ m}$$

$$A_{\text{zapata}} = b * h$$

$$A_{\text{zapata}} = 1,50 * 1,50$$

$$A_{\text{zapata}} = 2,25 \text{ m}^2$$

Revisión de presión sobre el suelo

Luego de haber dimensionado la zapata, se procede a calcular la carga máxima admisible, la cual debe ser menor que el valor soporte del suelo y mayor que cero, si se supone que las presiones están linealmente distribuidas.

$$q = \frac{P_{sz}}{A_{zapata}} \pm \frac{M'_{tx}}{S_x} \pm \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

Donde:

P_{sz} = carga sobre zapata

A_{zapata} = área de zapata

M'_{tx} = momento de trabajo en sentido x

M'_{ty} = momento de trabajo en sentido y

S_x = factor en el sentido x

S_y = factor en el sentido y

Carga sobre zapata

$$P_{sz} = P'_t + P_{columna} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

Donde:

P'_t = carga de trabajo

$P'_{columna}$ = peso debido a la columna

P'_{suelo} = peso debido al suelo

$P'_{cimiento}$ = peso debido al cimiento

$$P_{sz} = P'_t + P_{columna} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

$$P_{sz} = 22,61 + 0,35 \cdot 0,35 \cdot 2,40 + 2,25 \cdot 1,00 \cdot 1,82 + 2,25 \cdot 0,45 \cdot 2,40$$

$$P_{sz} = 30,16 \text{ ton.}$$

Presión máxima sobre el suelo

$$q_{\text{máx}} = \frac{P_{sz}}{A_{\text{zapata}}} + \frac{M'_{tx}}{\frac{b \cdot h^2}{6}} + \frac{M'_{ty}}{\frac{b \cdot h^2}{6}}$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{30,16}{2,25} + \frac{9,00}{\frac{1,50 \cdot (1,50)^2}{6}} + \frac{8,20}{\frac{1,50 \cdot (1,50)^2}{6}}$$

$$q_{\text{máx}} = 43,982 \text{ ton/m}^2 > \text{Valor soporte}$$

Debido a que $q_{\text{máx}}$ es mayor que el valor soporte del suelo se debe incrementar la medida de la zapata, de tal manera que la nueva zapata tendrá las dimensiones.

$$b = 2,50 \text{ m}$$

$$h = 2,50 \text{ m}$$

$$A_{\text{zapata}} = b \cdot h$$

$$A_{\text{zapata}} = 2,50 \cdot 2,50$$

$$A_{\text{zapata}} = 6,25 \text{ m}^2$$

Recalculando $q_{\text{máx}}$ se obtiene

$$q_{\text{máx}} = 13,29 \text{ ton/m}^2 < \text{Valor soporte}$$

Presión mínima sobre el suelo

$$q_{\min} = \frac{P_{sz}}{A_{zapata}} - \frac{M'_{tx}}{\frac{b * h^2}{6}} - \frac{M'_{ty}}{\frac{b * h^2}{6}}$$

$$q_{\min} = \frac{41,77}{6,25} - \frac{9,00}{\frac{2,50 * (2,50)^2}{6}} - \frac{8,20}{\frac{2,50 * (2,50)^2}{6}}$$

$$q_{\min} = 0,08 \text{ ton/m}^2 > 0,00$$

De los resultados obtenidos se puede observar que la carga máxima es menor que el valor soporte del suelo y la carga mínima es mayor que cero, por lo que las dimensiones son correctas.

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

$$q_u = q_{\max} * FCU$$

Donde:

q_{\max} = carga máxima admisible

FCU = factor de carga última

Presión última:

$$q_u = q_{\max} * FCU$$

$$q_u = 13,29 * 1,50$$

$$q_u = 19,93 \text{ ton/m}^2$$

Espesor de la zapata

Dimensionada el área se procede a determinar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 7,50 cm, y que el peralte efectivo sea mayor de 15,00 cm más el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal, que resista los esfuerzos de corte, para este caso será de 45,00 cm.

Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec} - \frac{\varnothing_{\text{varilla}}}{2}$$

Donde:

t = espesor de zapata

rec = recubrimiento

Determinando peralte efectivo, con hierro Núm. 6

$$d = t - \text{rec} - \frac{\varnothing_{\text{varilla}}}{2}$$

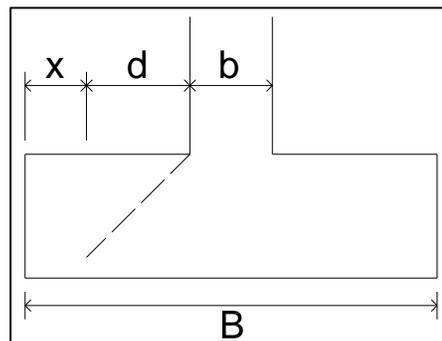
$$d = 45,00 - 7,50 - \frac{1,91}{2}$$

$$d = 36,55 \text{ cm}$$

Corte simple

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

Figura 39. **Corte simple en zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Distancia x :

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

Donde:

B = base de la zapata

b = base de la columna

d = distancia igual al peralte efectivo

Determinando distancia x :

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

$$x = \frac{2,50}{2} - \frac{0,35}{2} - \frac{36,56}{100}$$

$$x = 0,71 \text{ m}$$

Corte actuante

$$V_{\text{act-sim}} = A_{\text{act-sim}} * q_u$$

Donde:

$A_{\text{act-sim}}$ = área actuante al corte simple

q_u = presión última

Determinando corte actuante:

$$V_{\text{act-sim}} = A_{\text{act-sim}} * q_u$$

$$V_{\text{act-sim}} = (2,50 * 0,71) * 19,93$$

$$V_{\text{act-sim}} = 35,38 \text{ ton}$$

Corte resistente

$$V_{\text{res-sim}} = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

ϕ = factor de reducción de resistencia

f'_c = resistencia del concreto

b = base resistente

d = distancia igual al peralte efectivo

$$V_{\text{res-sim}} = \varphi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_{\text{res-sim}} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210,00} * 250 * 36,55$$

$$V_{\text{res-sim}} = 59\ 652,93 \text{ kg}$$

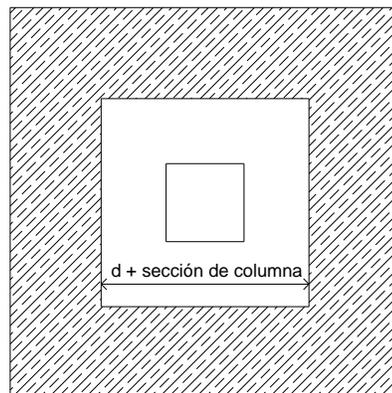
$$V_{\text{res-sim}} = 59,65 \text{ ton}$$

Con los resultados anteriores se demuestra que la condición sí cumple; el corte actuante es menor que el corte resistente.

Corte punzonante

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

Figura 40. **Corte punzonante en la zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

d + sección de columna = 0,72

$$V_{\text{act-pun}} = A_{\text{act-pun}} * q_u$$

Donde:

$A_{\text{act-pun}}$ = área actuante al corte punzonante

q_u = presión última

Corte actuante:

$$V_{\text{act-pun}} = A_{\text{act-pun}} * q_u$$

$$V_{\text{act-pun}} = (6,25 - 0,72 * 0,72) * 19,47$$

$$V_{\text{act-pun}} = 111,72 \text{ ton}$$

Corte resistente

$$V_{\text{res-pun}} = \varphi * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

Donde:

φ = factor de reducción de resistencia

f'_c = resistencia del concreto

$b_o = 4 * (d + \text{sección de columna})$

d = distancia igual al peralte efectivo

$$V_{\text{res-sim}} = \varphi * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_{\text{res-sim}} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210,00} * (4 * 72,00) * 36,55$$

$$V_{\text{res-sim}} = 137\,252,35 \text{ kg}$$

$$V_{\text{res-sim}} = 137,25 \text{ ton}$$

Diseño del refuerzo

El empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero, para soportar los esfuerzos inducidos.

Momento último

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2}$$

Donde:

q_u = presión última

L = distancia de extremo de columna hacia el borde de zapata

Momento último

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2}$$

$$M_u = \frac{(19,93 * 1\,000) * \left(\frac{2,50}{2} - \frac{0,35}{2}\right)^2}{2}$$

$$M_u = 11\,516,59 \text{ kg*m}$$

Área de acero

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f_c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f_c}{f_y} \right)$$

Donde:

b = franja unitaria de zapata

d = peralte efectivo

M_u = momento último

f_c = resistencia a la compresión del concreto

f_y = límite de fluencia del acero

Determinando área de acero

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f_c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f_c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left[100,00 * 36,55 - \sqrt{(100,00 * 36,55)^2 - \frac{11\,516,59 * 100,00}{0,003825 * 210,00}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210,00}{2\,810,00} \right)$$

$$A_s = 12,81 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínima

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

Donde:

f_y = límite de fluencia del acero

b = franja unitaria de zapata

d = peralte efectivo

Área de acero mínima:

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{2810,00} * 100,00 * 36,55$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 18,34 \text{ cm}^2$$

Debido a que el área de acero mínima es mayor que el área de acero que requiere el momento último, se aplicará para el refuerzo el área de acero mínima.

Espaciamiento para área de acero mínima, utilizando hierro núm. 6.

$$S = \text{área de acero hierro núm. 6} * \frac{\text{Franja unitaria}}{\text{Área de acero mínimo}}$$

$$S = 2,85 * \frac{100,00}{18,34}$$

$$S = 15,53 \text{ cm}$$

Se colocará hierro núm. 6 @ 0,15 m.

Área de acero por temperatura

Se colocará en la cama superior

$$A_{s_{tem}} = 0,002 * b * t$$

Donde:

b = franja unitaria de zapata

t = espesor de zapata

Determinando área de acero por temperatura:

$$A_{s_{tem}} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s_{tem}} = 0,002 * 100,00 * 45,00$$

$$A_{s_{tem}} = 9,00 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento para área de acero por temperatura, utilizando hierro Núm. 6.

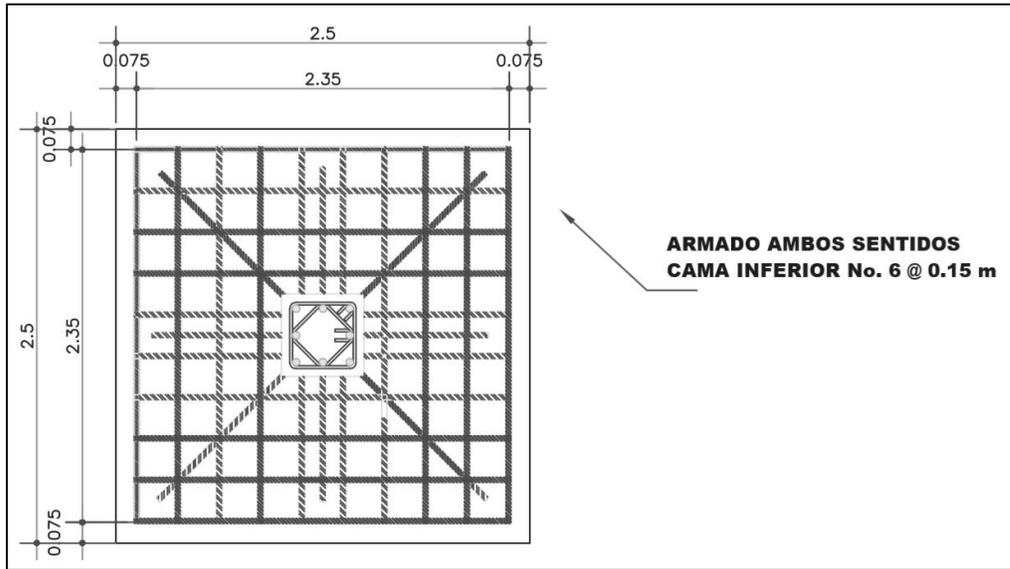
$$S = \text{Área de acero hierro núm. 6} * \frac{\text{Franja unitaria}}{\text{Área de acero por temperatura}}$$

$$S = 2,85 * \frac{100,00}{9,00}$$

$$S = 31,67 \text{ cm}$$

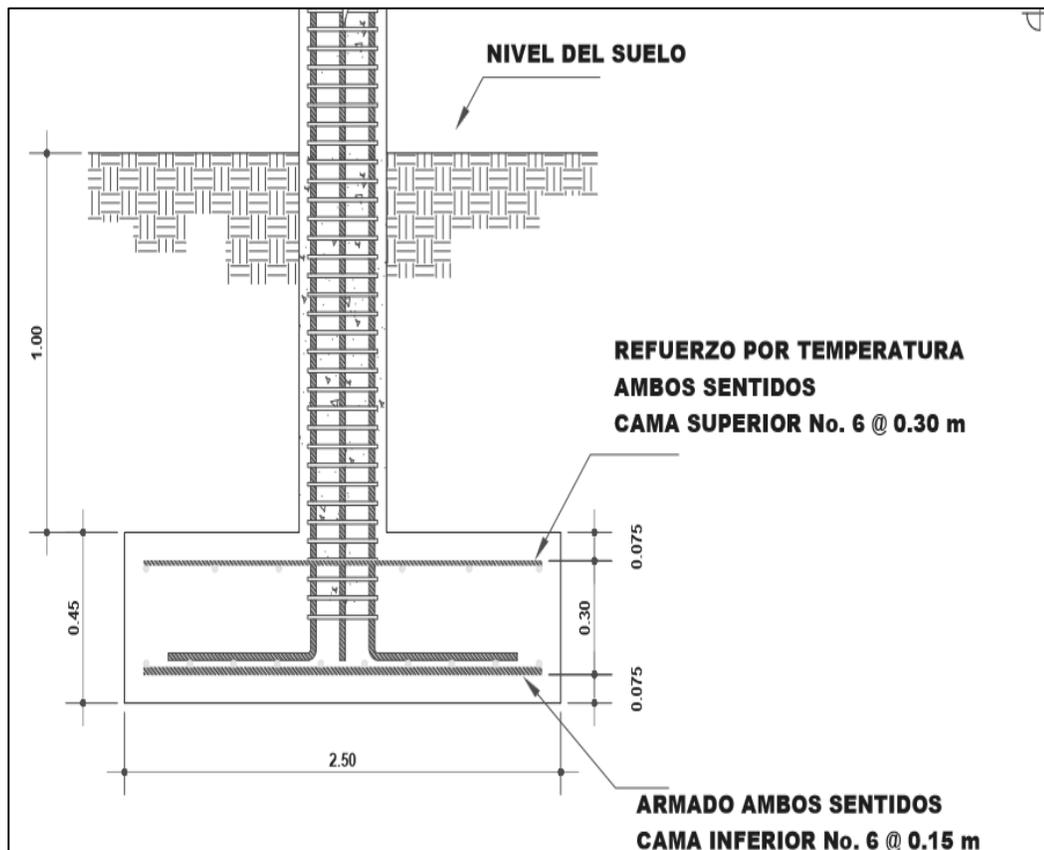
Se colocará hierro Núm. 6 @ 0,30 m.

Figura 41. Armado final de zapata



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Figura 42. Sección de zapata



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

Diseño de muros tabique:

Debido a que los muros se construirán únicamente para soportar su peso mismo y para separar ambiente se tomó únicamente la carga muerta:

$$W_{\text{muro}} = \text{área} \times \text{peso}$$

$$W_{\text{muro}} = 9 \text{ m}^2 \times 10 \text{ kg/ block} \times 13 \text{ block/m}^2$$

$$W_{\text{muro}} = 1\ 170 \text{ kg}$$

$$W_{\text{solera}} = 12 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{\text{solera}} = 864 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columna}} = 9 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{\text{columna}} = 648 \text{ kg}$$

$$W_{\text{ventana}} = 7,5 \text{ m}^2 \times 59 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{ventana}} = 443 \text{ kg}$$

$$W_{\text{Total}} = 1\,170 \text{ kg} + 864 \text{ kg} + 648 \text{ kg} + 443 \text{ kg}$$

$$W_{\text{Total}} = 3\,124,5 \text{ kg}$$

Cálculo de sismo para el muro

Para el cálculo de sismo la Norma FHA recomienda, un coeficiente mínimo de 0,17, para este caso se tomará 0,20

$$F_s = 0,20 \times W_{\text{Total}}$$

$$F_s = 0,20 \times 3\,124,5 \text{ kg}$$

$$F_s = 624,9 \text{ kg}$$

Cálculo de momento generado por el sismo

$$M_s = F_s \times H$$

$$M_s = 624,9 \text{ kg} \times 3 \text{ m}$$

$$M_s = 1\,874,7 \text{ kg-m}$$

Chequeo a compresión

$$F_c = \frac{P}{A}$$

$$F_c = \frac{3\,124,5}{9\,000\text{ cm}^2}$$

$F_c = 0,35\text{ kg/cm}^2 < F_u = 25\text{ kg/cm}^2$ Si cumple.

Para el caso de los muros divisorios entre ambientes, se tomó como base la Norma del FHA, la cual recomienda ubicar columnas principales con 4 varillas núm. 3 con estribos núm. 2 @ 0,20 m al centro de la luz. Para marcos de puertas y ventanas es recomendable colocar columnas intermedias.

$$A_{sv} = A_{smin\text{ vertical}} = 0,0007dt$$

$$A_{sv} = A_{smin\text{ horizontal}} = 0,0013dt$$

$$A_{sv} = A_{smin\text{ total}} = 0,002dt$$

Donde:

d = longitud del muro

t = espesor del muro

- Diseño a flexión

$$A_{s\text{ vertical}} = 0,0007 \times (500\text{ cm}) \times (15\text{ cm}) = 5,25\text{ cm}^2$$

Usando varillas Núm. 3 (0,71 cm²) Se tiene que;

Número de varillas = $5,25\text{ cm}^2 / 0,71\text{ cm}^2 = 7,39$ varillas ≈ 8 varillas a lo largo del muro.

Por ser un muro de 5,00 m de longitud, se usarán tres columnas con 4 varillas núm. 3 y estribos núm. 2 @ 0,20 m proporcionando un área de acero de 8,52 cm² a lo largo del muro, cubriendo de esta manera el área de acero requerida (5,25 cm²).

- Diseño a corte

As horizontal = 0,0013 (500 cm) (15 cm) = 8,45 cm²

Usando varillas No. 3 (0.71 cm²) Se tiene que;

Número de varillas = $8,45 \text{ cm}^2 / 0,71 \text{ cm}^2 = 11,90$ varillas ≈ 12 varillas La estructura consta de 4 soleras, con 4 varillas núm. 3 cada una. Se utilizarán eslabones núm. 2 @ 0,20 m. Con ellas se completa el refuerzo horizontal.

Diseño de cimiento corrido:

Es el cimiento que se le coloca a los muros, este se calcula como una franja unitaria. Se diseñará para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se ha propuesto el diseño de los cimientos corridos de acuerdo al FHA (trapezoidal, capítulo 5 sección 503.1 inciso c-9), considerando que los muros del primer nivel tendrán una altura aproximada de 1,5 metros y que en un módulo independiente las losas de las gradas serán apoyadas en ellos se considera lo siguiente:

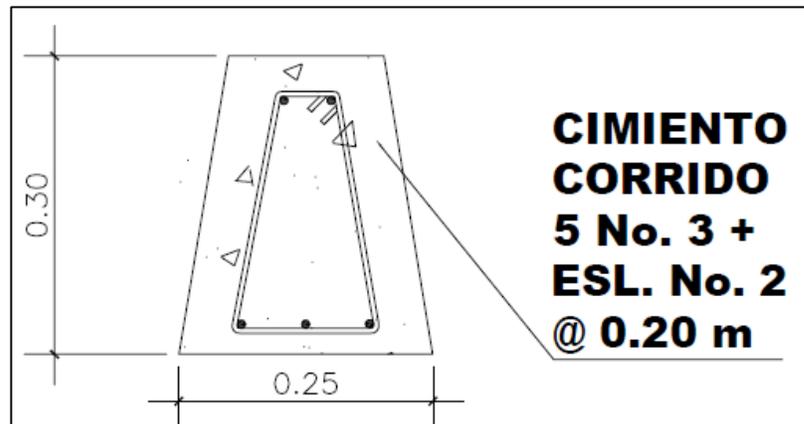
Ancho de base = 25 cm

Peralte = 30 cm

Ancho de la corona = ancho de muro + 1 cm

Refuerzo = 3 núm. 3 con estribo núm.2 a 20 cm (para dos niveles).

Figura 43. **Armado de cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, con programa de Civil 3D.

3.8. Instalaciones

A continuación se detalla el análisis de instalaciones de agua potable.

3.8.1. Agua potable

Todo el sistema de agua potable será por medio de circuito cerrado, con tubería PVC $\varnothing 1 \frac{1}{2}$, y los abastos por medio de tubería PVC $\varnothing \frac{1}{2}$ " (lavamanos, uriniales e inodoros con tanque). Para ello se utilizan unidades Hunter.

Para ello se hicieron los siguientes cálculos: se le asignará a cada una de las salidas unidades de gasto o unidades Hunter (UH).

La cantidad de UH por nivel quedará:

Para el primer nivel se tiene:

22 lavamanos X 1 UH.....	22 UH
10 inodoros con tanque X 3 UH.....	<u>30 UH</u>
Total	52 UH

Para el segundo nivel se tiene:

11 lavamanos X 1 UH.....	11 UH
13 inodoros con tanque X 3 UH.....	<u>39 UH</u>
Total.....	50 UH

El total será de 102 UH, con un gasto probable de 2,62 litros por segundo. Con una velocidad estimada de 1 metro por segundo, una altura de 3,50 metros se calcula el diámetro para cada tramo mediante la siguiente ecuación:

$$D = \left[\frac{1\,743,811 * Q^{1,85}}{C^{1,85} * Hf} \right]^{\frac{1}{4,87}}$$

El diámetro a utilizar para cada tramo será de 1 ½ pulgadas para el circuito cerrado y ½ pulgada para los ramales

3.8.2. Drenajes

Las instalaciones de aguas negras y aguas pluviales se trabajaron en sistemas separativos, teniendo en cuenta que; para el drenaje sanitario se deben de considerar los siguientes factores:

- Las pendientes de tuberías enterradas se deberá tener un mínimo de 2 por ciento y un máximo de 6.
- Se debe de tener cajas de registro en donde se reciba las bajadas de aguas y cada 20 metros como máximo en longitud de cada colector.
- El material de tubo tiene que ser resistente a los materiales que transporta.
- Los diámetros mínimos de tubería, caudales base y unidades de mueble (UM) para cada uno de los aparatos sanitarios se muestran a continuación.

Se procede a calcular el número de UM por cada nivel, se supone un caudal por nivel, de tal forma que ver datos en tabla XXX:

Tabla XXXI. **Diámetro y caudal para aparatos sanitarios**

Equipo sanitario	Diámetro mínimo (in)	Caudal base (l/s)	UM
lavamanos	1 1/4	0.75	2
inodoros	3	2	5

Fuente: elaboración propia.

Para el primer nivel se tiene:

22 lavamanos X 1 UH.....	22 UH X 0,96 l/s = 16,0 l/s
10 inodoros con tanque X 3 UH.....	<u>..30 UH X 1,26 l/s = 38,0 l/s</u>
Total.....	52UH 54,0 l/s

Para el segundo nivel se tiene:

11 lavamanos X 1 UH.....	11 UH X 0,60 l/s = 66,0 l/s
13 inodoros con tanque X 3 UH.....	<u>..39 UH X 1,49 l/s = 58,0 l/s</u>
Total.....	50 UH X 0,75 l/s = 124 l/s

El diámetro del colector quedará de 4" para el primer y segundo nivel.

3.8.3. Electricidad

Las instalaciones eléctricas se dividen en dos tableros principales por nivel, se tienen 45 luminarias y 32 circuitos de fuerza en el primer nivel y la misma cantidad de luminarias y circuitos de fuerza en el segundo nivel.

Cada circuito de iluminación constará de 12 luminarias y cada circuito de fuerza constará de 8 instalaciones para fuerza.

Para ello se prevén instalar 4 lámparas de 48 watt que satisfacen con los luxes requeridos.

Debido a que el amperaje está dado por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = corriente (A)

P= potencia (Watts)

V= voltaje (V)

Se tienen 12 luminarias de 48 W, de las cuales consumirán 576 watts de potencia.

$$I = \frac{576}{120}$$

$$I = 4,80 \text{ A}$$

8 circuitos de fuerza con capacidad de 180 watts, para un total de 1,440 watts.

$$I = \frac{1,440}{120}$$

$$I = 12,00 \text{ A}$$

Se utilizarán 15 A para circuitos de iluminación y lo mismo para la fuerza, debido a esto se utilizará cables de cobre de calibre 12.

3.9. Elaboración de planos

Se elaboraron los planos siguientes:

- Planta amueblada

- Planta acotada
- Planta de acabados
- Planta de cimentación y columnas
- Planta de armado de losas y vigas
- Detalles de gradas y muros
- Planta de drenajes
- Planta de instalación eléctrica

3.10. Presupuesto

La integración de precios fue realizada con base en los precios unitarios, en cuanto a los precios de materiales de construcción, se utilizaron los precios que se cotizaron en las ferreterías locales y con la mano de obra calificada y no calificada, además los precios que la Municipalidad sugirió. También un factor de costos indirectos del 35 %.

Figura 44. Resumen de presupuesto

Cálculo	Eli Samuel Perez Ramirez			Fecha	noviembre 2013
Proyecto	Centro de Capacitación Idea El ingeniero, Chiquimula, departamento de Chiquimula			EPS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS	
Código	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
100	Preliminares				
101	Nivelación y trazo	m ²	2 020,00	Q247,52	Q500 000,00
200	Cimentación				
201	Zapatas tipo Z-1	unidad	40,00	Q7 055,10	Q282 204,00
202	Cimiento corrido	ml	104,00	Q202,23	Q21 032,35
203	Levantado de cimiento-solera humedad	m ²	61,32	Q59,75	Q3 663,90
204	Solera de humedad	ml	102,20	Q489,66	Q50 043,34
300	Muros, columnas y soleras				
301	Levantado de muro	m ²	995,00	Q115,77	Q115 195,50
302	Columna C-1	ml	240,00	Q682,22	Q163 732,59
303	Columna C-2	ml	4,80	Q778,13	Q3 735,02
304	Solera de humedad	ml	102,20	Q489,66	Q50 043,34
305	Solera intermedia	ml	204,40	Q489,66	Q100 086,68
306	Solera de remate	ml	208,00	Q489,66	Q101 849,46
400	Vigas y losas				
401	Viga tipo V-1	ml	398,00	Q398,56	Q158 627,70
402	Viga tipo V-2	ml	398,00	Q486,46	Q193 609,58
402	Losa del nivel 1	m ²	974,34	Q123,55	Q120 379,71
403	Losa del nivel 2	m ²	974,34	Q123,55	Q120 379,71
500	Acabados				
501	Tallado o cernido de columnas y vigas	m ²	230,00	Q41,73	Q9 598,44
502	Instalación de piso de granito mármol	m ²	1 140,00	Q48,81	Q55 646,33
600	Puertas y ventanas				
601	Puertas	unidad	24,00	Q1 300,00	Q31 200,00
602	Ventanas	m ²	240,00	Q410,00	Q98 400,00
700	Instalaciones eléctricas				
701	Instalaciones eléctricas Iluminación	global	1,00	Q75 200,00	Q75 200,00
702	Instalaciones eléctricas Fuerza	global	1,00	Q77 800,00	Q77 800,00
800	Drenaje pluvial				
801	Instalación drenaje pluvial	global	1,00	Q25 000,00	Q25 000,00
900	Módulo de gradas				
901	Módulo de gradas	m ²	12,00	Q825,00	Q9 900,00
1000	Limpieza final				
1000	Limpieza final	m ²	360,00	Q10,00	Q3 600,00
Total del proyecto =					Q2 370 927,64

Fuente: elaboración propia.

3.11. Evaluación de Impacto Ambiental Inicial

Para realizar la Evaluación de impacto ambiental inicial es necesario considerar todos los factores que afecten el ambiente, estos se describen en la tabla XXXII.

Tabla XXXII. **Evaluación de Impacto Ambiental Inicial**

No.	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Partículas de polvo	En el área de construcción del proyecto.	Rociar abundante agua en los bancos de materiales para minimizar la generación de polvo en las distintas actividades.
		Ruido	El ruido será leve y se originará por el funcionamiento de los vehículos y la maquinaria que se utilizará	En el área de construcción.	Se evitará hacer ruido en horas de descanso de los vecinos.
		Vibraciones	Las vibraciones serán leves y serán en un periodo corto, solamente mientras se hacen los trabajos de compactación.	En el área de construcción.	Se establecerá un horario especial para no molestar a los vecinos.
		Olores	No se generará ningún tipo de olores que puedan molestar a los vecinos.	Ninguno.	No se utilizará ningún tipo de material que genere malos olores.

Continuación de la tabla XXXII.

2	Agua	Abastecimiento de agua	Uso de agua en la construcción	Será llevada a la zona de construcción por medio de un sistema	Se evitará el derramamiento y uso innecesario de ésta.
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: no se generarán aguas residuales.	ninguna	No se generarán aguas residuales.
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: no se generarán aguas residuales.	Descarga: ninguna	No se generarán aguas residuales.
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: no se generarán aguas residuales.	Descarga: ninguna	No se generarán aguas residuales.
		Agua de lluvia	Captación no se captará agua de lluvia	Descarga: Drenaje natural	Si se presenta alguna lluvia el agua seguirá el cauce natural.

Continuación de la tabla XXXII.

3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: 10 libras al día	En el área del proyecto.	Los desechos que sean retirados del proyecto serán llevados a un basurero autorizado por la municipalidad.
		Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: No habrá desechos peligrosos.	Disposición Ninguno.	No se producirán desechos peligrosos por el tipo de proyecto que se realizará.
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	Escorrentía de aguas residuales por limpieza de herramientas y mezclas de	En el área del proyecto.	No habrá generación de aguas residuales, por lo que no será necesario dar un manejo ambiental.
		Modificación del relieve o topografía del área	Las modificaciones serán insignificantes.	En el área del proyecto.	Se removerá el material necesario para la nivelación del terreno.

Continuación de la tabla XXXII.

4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	Solamente los necesarios en donde se realicen las excavaciones	En el área del proyecto	No habrá alteración en la flora del lugar, por lo que no será necesario dar un manejo ambiental.
		Fauna (animales)	No se causará daño a la fauna	Ninguno.	No habrá alteración en la fauna del lugar, por lo que no será necesario dar un manejo ambiental.
		Ecosistema	No habrá daños en el ecosistema.	Ninguno.	No habrá modificaciones ni daños en el ecosistema.
5	Visual	Modificación del paisaje	No habrá modificaciones en el paisaje.	Ninguno.	No habrá modificaciones en el paisaje.
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	No habrá modificaciones.	Ninguno.	No habrá modificaciones.
7	Otros	No habrá otros	ninguno	Ninguno	Ninguno.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El análisis de las necesidades más urgentes en la aldea El Conacaste revela que, es primordial contar con una carretera en buenas condiciones antes de cualquier otro proyecto, pues de esta manera podrá entrar maquinaria pesada sin peligro alguno y, también beneficiará la economía del lugar, proveyendo de un mejor camino para salir con los productos. Razón por la cual se priorizó el proyecto, del diseño de mejoramiento de la carretera hacia la aldea El Conacaste, proporcionando los planos y presupuestos correspondientes, para que, tanto autoridades municipales y Cocodes tengan los documentos necesarios para realizar las gestiones pertinentes y buscar el financiamiento y llevarlo a la realidad a la mayor brevedad posible.
2. Según especificaciones de la Dirección General de Caminos, los requerimientos para subrasante, deben cumplir con un máximo de hinchamiento del 3 %, en el balasto los resultados obtenidos fueron de un porcentaje de hinchamiento del rango 0,007 al 0,011 %, por lo que se concluye que es una buena subrasante para el tramo carretero.
3. El costo del proyecto de diseño de mejoramiento de la carretera hacia la aldea El Conacaste, asciende a Q 1 311 139,81, para un tramo carretero de 2,94 kilómetros, lo que significa que cada uno tiene un costo estimado de Q 445 965,92. Esto significa que está en un rango aceptable económicamente para este proyecto.

4. Del edificio para capacitación de la mujer: este puede servir como albergue ante cualquier calamidad, se optó por utilizar un sistema de marcos dúctiles y no mampostería tradicional, ya que este tipo de lugar tiene que tener la capacidad para albergar a las personas ante las eventualidades que puedan surgir.

5. La mayoría de ingenieros, recién graduados, salen al campo a trabajar sin ninguna experiencia, tienen la teoría aunque carecen de práctica. La oportunidad que da el EPS es ejercer todo el conocimiento adquirido durante los años en la universidad y plasmar físicamente lo que se está analizando en la computadora o en papel, y esto, con la debida supervisión de un profesional con una amplia experiencia en campo, como el asesor que proporciona la Universidad San Carlos de Guatemala.

RECOMENDACIONES

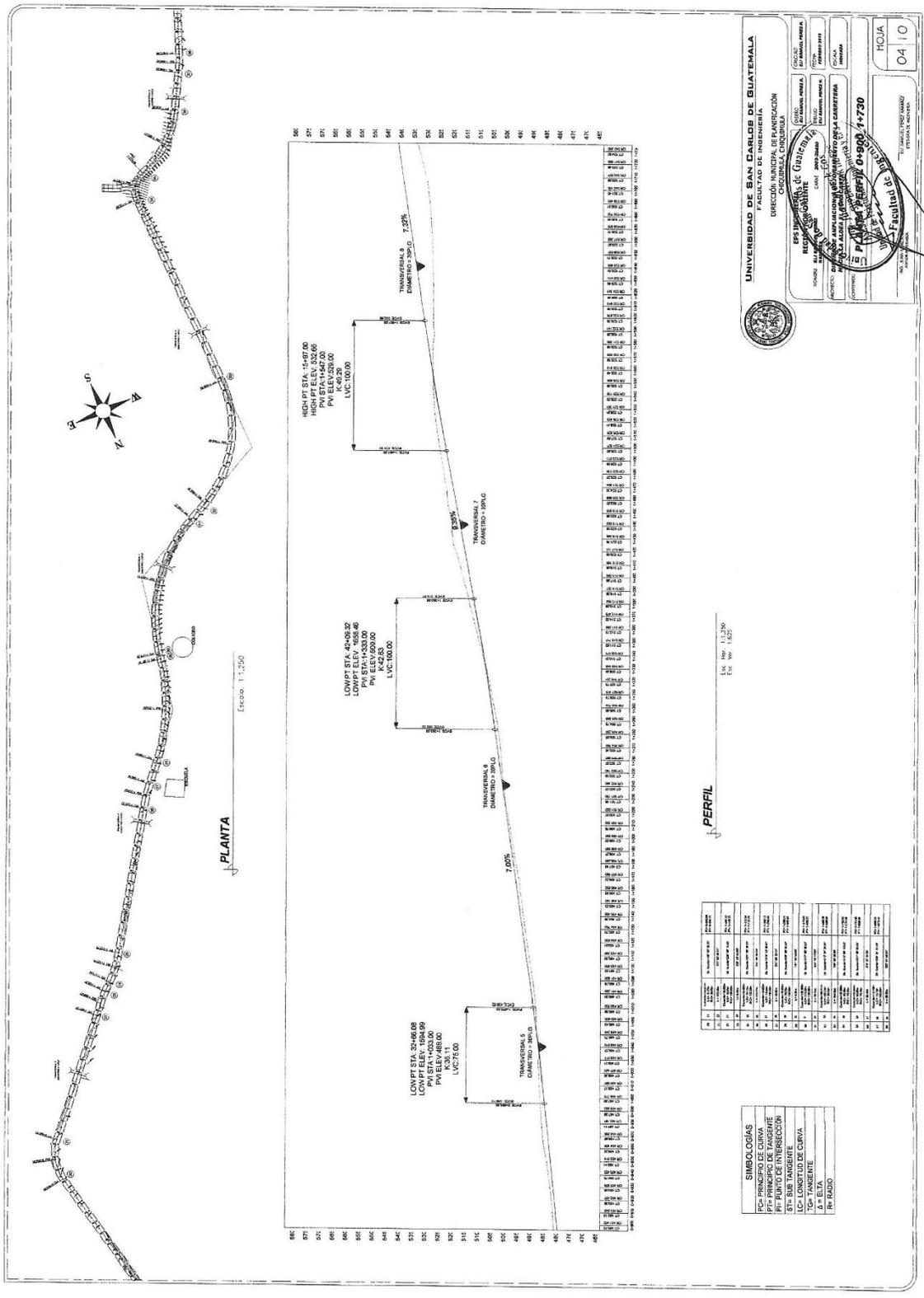
1. Capacitar a los pobladores de la aldea El Conacaste para que promuevan un mantenimiento permanente al tramo balastado, ya que en época de invierno, el agua tiende a lavar la carpeta de rodadura.
2. Iniciar los trabajos de rehabilitación de la carretera que va hacia la aldea El Conacaste antes del invierno para prever cualquier contingencia.
3. Garantizar la supervisión técnica durante la ejecución de los proyectos, a fin de que se cumpla a cabalidad con las especificaciones contenidas en planos.
4. Antes de empezar la construcción de la edificación de dos niveles para realizar capacitaciones de la mujer, verificar el valor soporte del suelo utilizando un ensayo dinámico de penetración estándar, ya que de esta manera se determinará si la cimentación propuesta es la adecuada.

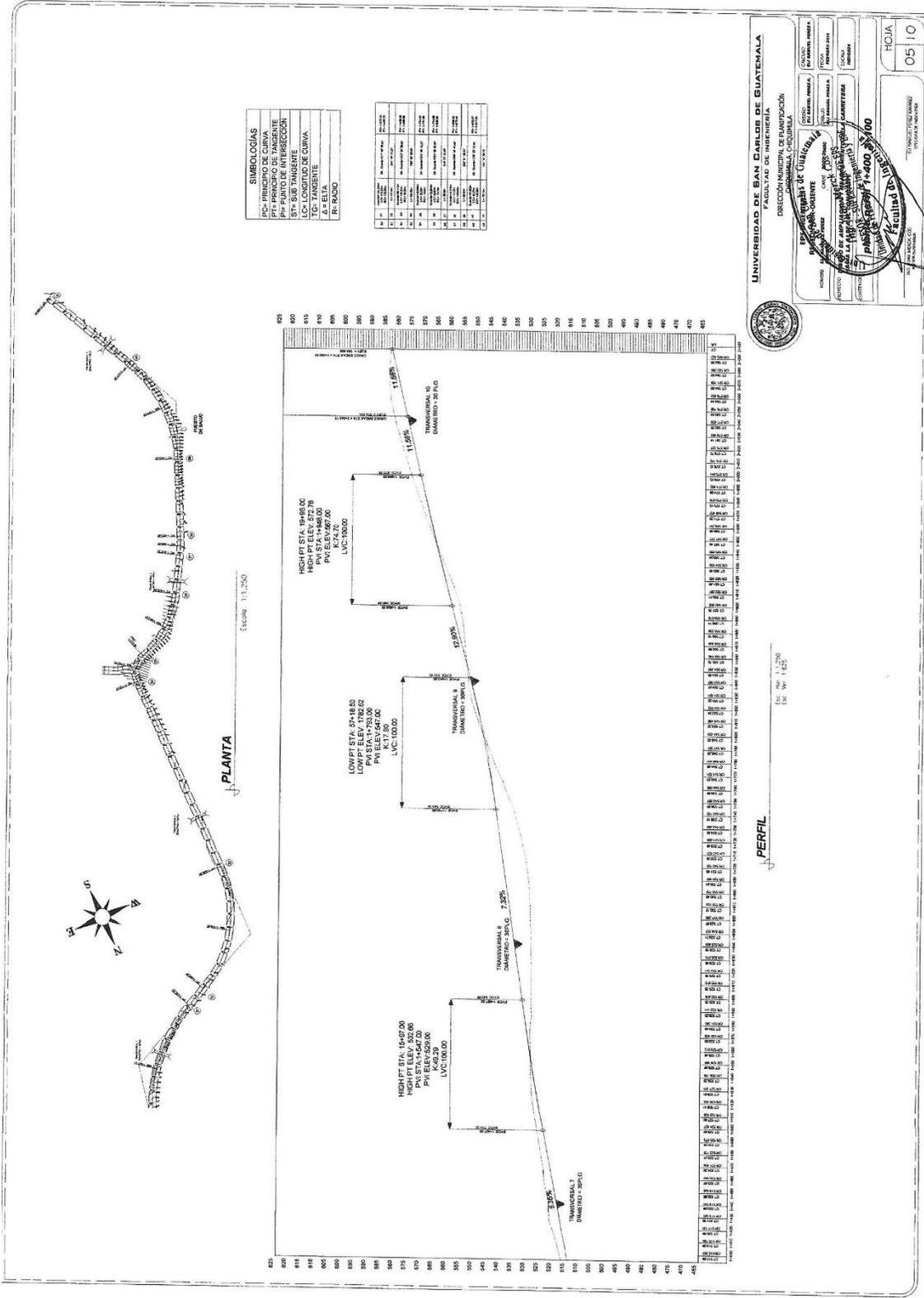
BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR FUENTES, Byron de Jesús. *Planificación y diseño de un tramo carretero*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 178 p.
2. American Concrete Institute. *Código de diseño de concreto armado y comentarios*. ACI 318S-2008. USA: ACI, 2008. 321 p.
3. 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. 75 p.
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 6a ed. Mexico: Limusa, 2010. 113 p.
5. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: MICIVI, de 2001. 302 p.
6. *Normas de planificación y construcción FHA*. Guatemala: 203 p.

APÉNDICES

Planos de construcción del Centro de Capacitación y carretera hacia la aldea El Conacaste.





SIMBOLOGÍAS

PC= PRINCIPIO DE CURVA
 PVI= PUNTO DE TANGENTE
 PVI= PUNTO DE INTERSECCIÓN
 PVI= PUNTO DE TANGENTE
 LC= LONGITUD DE CURVA
 A= ELTA
 R= RUCIO

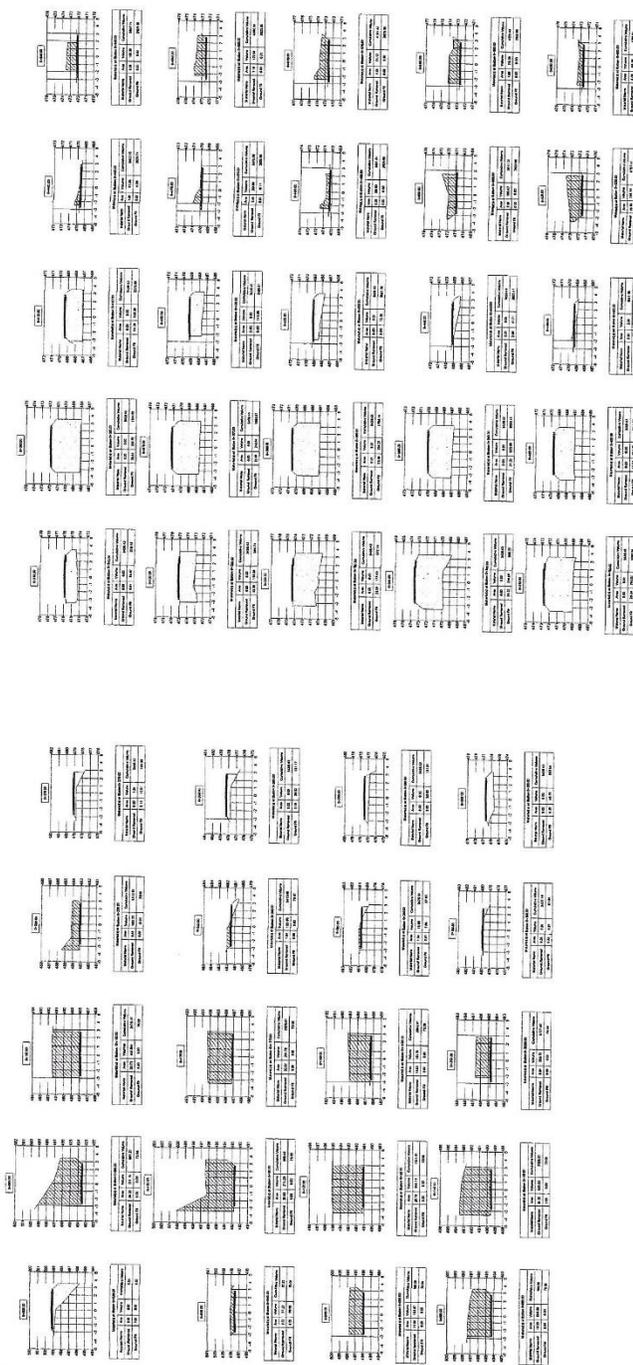
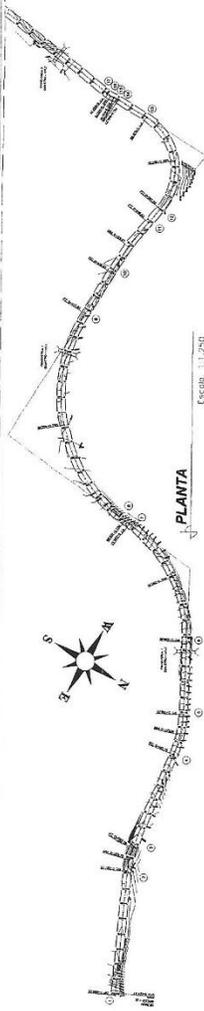
STACION	ELEVACION	GRADO	TIPO DE TERRENO
450	1547.00	3.30%	TIPO 1
455	1547.00	3.30%	TIPO 1
460	1547.00	3.30%	TIPO 1
465	1547.00	3.30%	TIPO 1
470	1547.00	3.30%	TIPO 1
475	1547.00	3.30%	TIPO 1
480	1547.00	3.30%	TIPO 1
485	1547.00	3.30%	TIPO 1
490	1547.00	3.30%	TIPO 1
495	1547.00	3.30%	TIPO 1
500	1547.00	3.30%	TIPO 1
505	1547.00	3.30%	TIPO 1
510	1547.00	3.30%	TIPO 1
515	1547.00	3.30%	TIPO 1
520	1547.00	3.30%	TIPO 1
525	1547.00	3.30%	TIPO 1
530	1547.00	3.30%	TIPO 1
535	1547.00	3.30%	TIPO 1
540	1547.00	3.30%	TIPO 1
545	1547.00	3.30%	TIPO 1
550	1547.00	3.30%	TIPO 1
555	1547.00	3.30%	TIPO 1
560	1547.00	3.30%	TIPO 1
565	1547.00	3.30%	TIPO 1
570	1547.00	3.30%	TIPO 1
575	1547.00	3.30%	TIPO 1
580	1547.00	3.30%	TIPO 1
585	1547.00	3.30%	TIPO 1
590	1547.00	3.30%	TIPO 1
595	1547.00	3.30%	TIPO 1
600	1547.00	3.30%	TIPO 1
605	1547.00	3.30%	TIPO 1

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 DIRECCION GENERAL DE FORMACION
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION Y RECONEXION DE LA CARRETERA NACIONAL PRIMARIA DE PASO DE LA SIERRA DE SAN CARLOS A PASO DE LA SIERRA DE SAN JUAN

HOJA 05 10

SIMBOLOGÍA	
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	FIN DE CURVA
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN
PC+L	COMIENZO DE LA CURVA
LC	LONGITUD DE CURVA
PT+L	FIN DE LA CURVA
A	ÁNGULO
E	ELEVACIÓN
R	RADIO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 INSTITUTO DE INGENIERÍA
 DIRECCIÓN NACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 CHIMULÁ, GUATEMALA

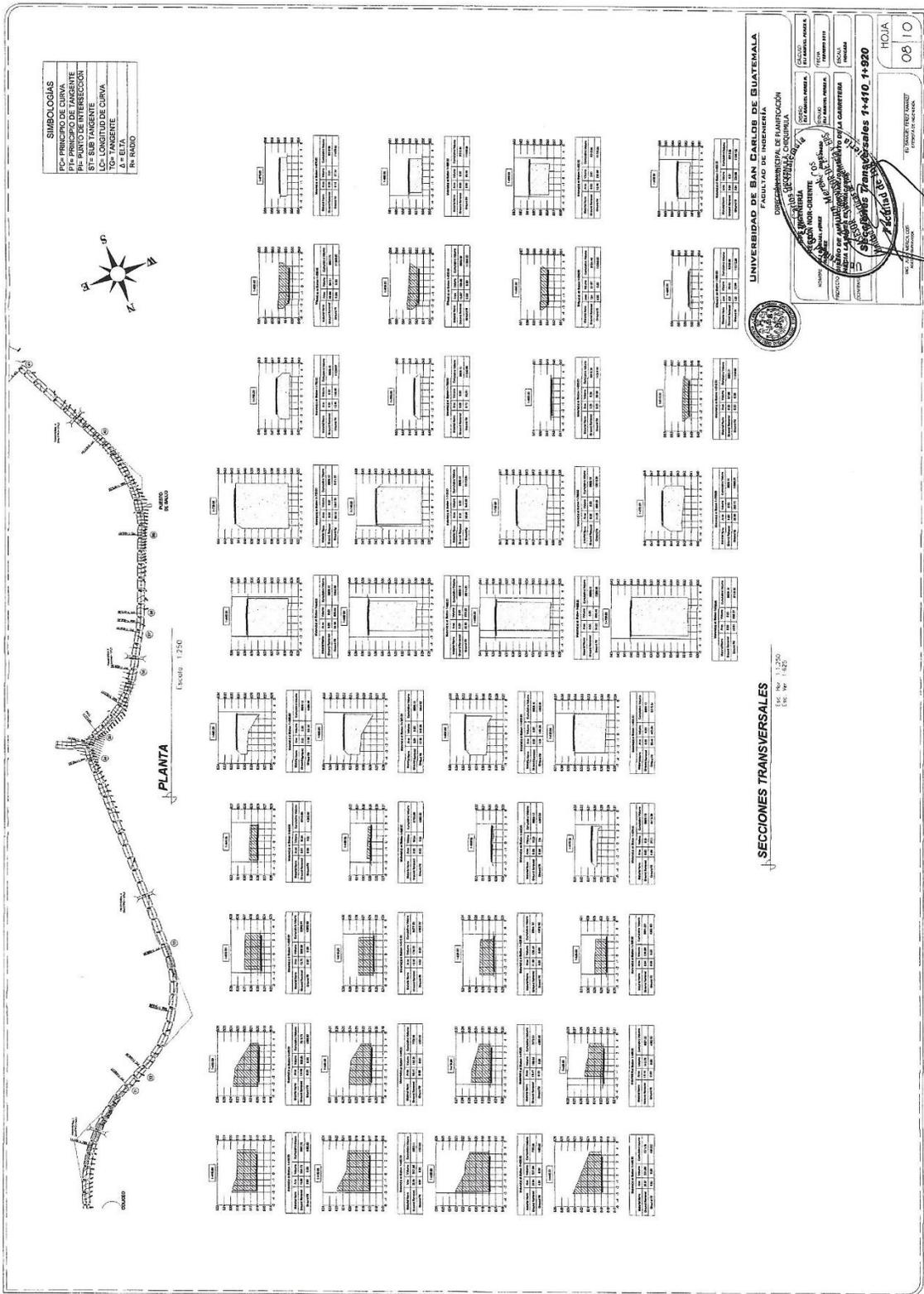
EPS INGENIERÍA
 REGIÓN NOR-ORIENTE
 AV. 100 No. 1000
 ZONA 10, GUATEMALA

PERIODO: 2010-2011
 TÍTULO: **SECCIONES TRANSVERSALES 0+020.0-0+590**

HOJA 06/10

TEL: 2444-1000
 FAX: 2444-1000

SECCIONES TRANSVERSALES
 Esc. No. 1:250



SI-MRQ	CO-DI
PI-0	PR-NCIP-IO DE CURVA
PI-1	PR-NCIP-IO DE TANGENTE
PI-2	PU-NC-IO DE INTERSECCION
PI-3	PR-NCIP-IO DE TANGENTE
PI-4	PR-NCIP-IO DE CURVA
UC	CON-DU-TO DE CURVA
TC	TANGENTE
A	EL-EVA
R	RAD-IO



PLANTA

Escala: 1:250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA DE INGENIERIA EN CARRETERAS

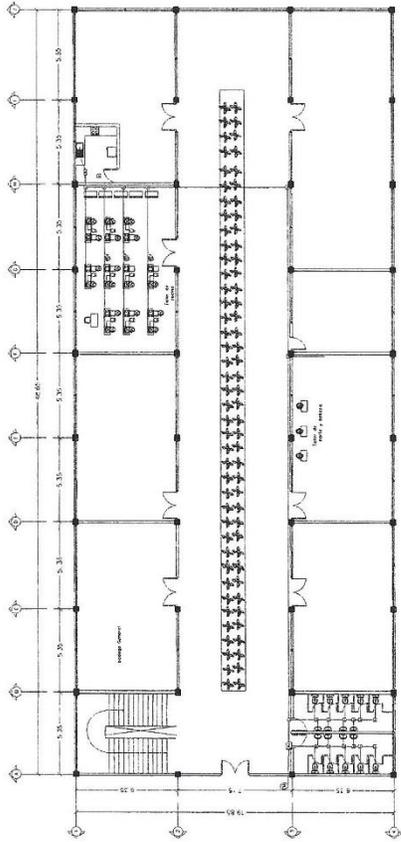
PROYECTO: **SECCIONES TRANSVERSALES 1-410-1+520**

ALUMNO: **WILSON A. GARCIA**

FECHA: **06/10**

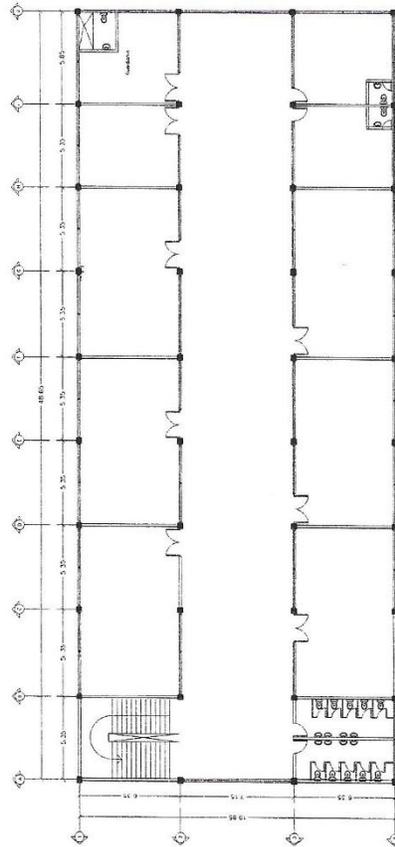
HOJA: **06/10**

SECCIONES TRANSVERSALES



PLANTA BAJA DRENAJE

ESCALA: 1:125



PLANTA ALTA DRENAJE

ESCALA: 1:125

DRENAJES	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
(S)	TUBERÍA PVC, DIÁM. 75 CM.
(D)	CAJÓN DE DRENAJE
(U)	CAJA UNIÓN
(R)	TRAMPAL DE CASCAS
(H)	CAJAS UNIFICADORAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN
 ORGANIZACIÓN ORGANIZADA

EPS INGENIERÍA
 Ing. JUAN JOSÉ GONZÁLEZ
 Ing. JUAN JOSÉ GONZÁLEZ
 Ing. JUAN JOSÉ GONZÁLEZ

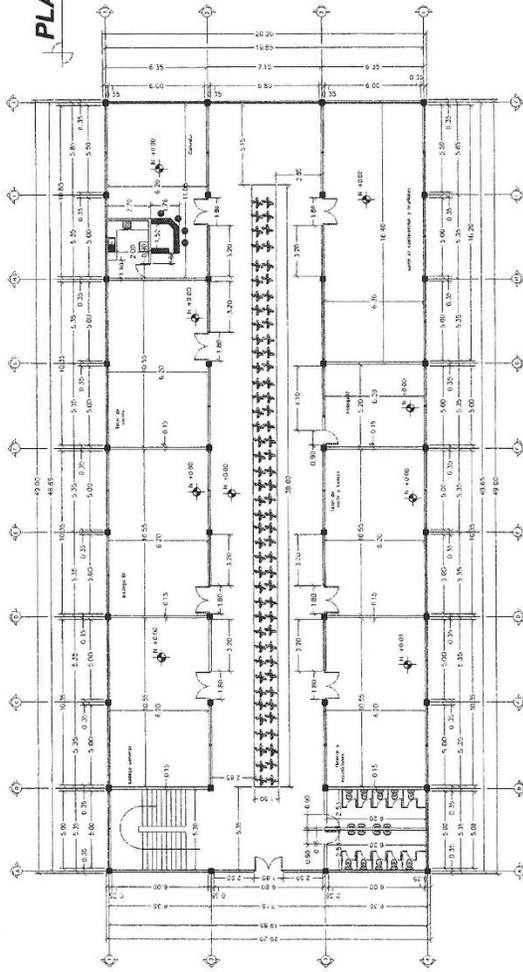
INGENIERÍA DE SISTEMAS DE CAPACITACIÓN PARA LA MUJER

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN
 ORGANIZACIÓN ORGANIZADA

HOJA 1/1

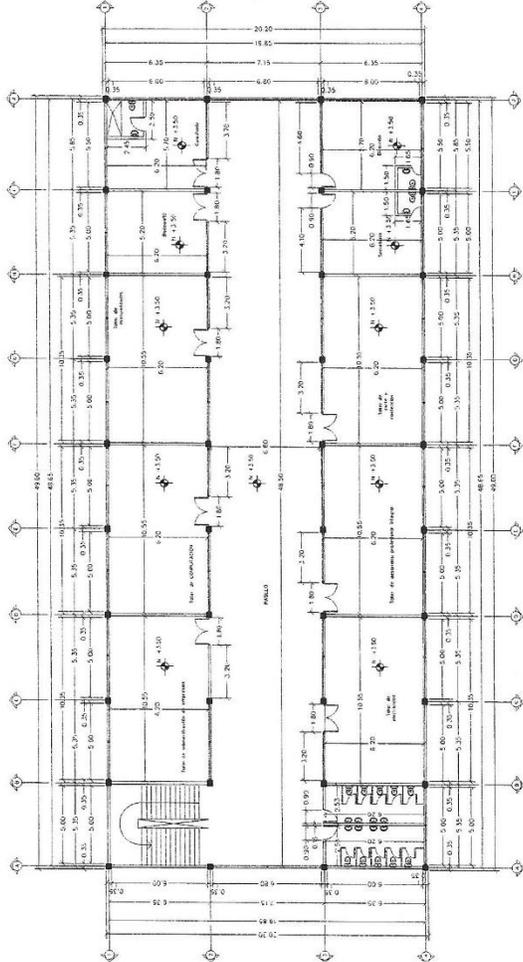
PLANTA BAJA ACOTADA

ESCALA: 1:125



PLANTA ALTA ACOTADA

ESCALA: 1:75




 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 DIRECCION GENERAL DE PLANEACION
 CHIMELLA, GUATEMALA

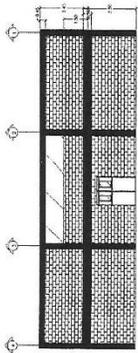
EPS INGENIERIA
 REGION NOR-ORIENTE
 Ing. Juan Carlos Rodriguez
 Ing. Juan Carlos Rodriguez
 Ing. Juan Carlos Rodriguez

Ing. Juan Carlos Rodriguez
 Ing. Juan Carlos Rodriguez
 Ing. Juan Carlos Rodriguez

Ing. Juan Carlos Rodriguez
 Ing. Juan Carlos Rodriguez
 Ing. Juan Carlos Rodriguez

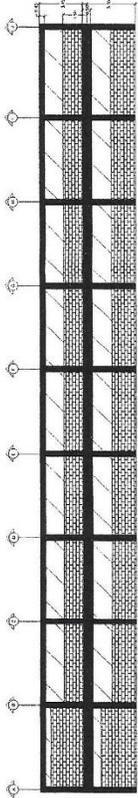
Ing. Juan Carlos Rodriguez
 Ing. Juan Carlos Rodriguez
 Ing. Juan Carlos Rodriguez

PLANTA ACOTADA
 HOJA 121



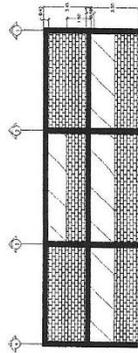
ELEVACIÓN FRONTAL

ESCALA: 1:125



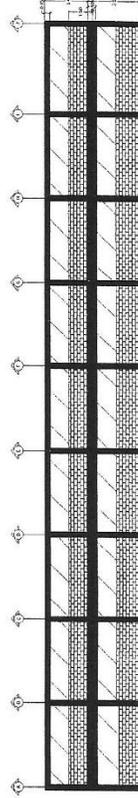
ELEVACIÓN LATERAL DERECHA

ESCALA: 1:125



SECCIÓN B-B'

ESCALA: 1:125



SECCIÓN A-A'

ESCALA: 1:125

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION
 CHIMULA, QUIMULA

EPS INGENIERIA
 REGION NOR-ORIENTE
 INSTITUCION TECNICA DE INVESTIGACION Y DESARROLLO
 INSTITUCION DE CENTRO DE CAPACITACION PARA LA MUJER

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 ING. JUAN MARCO GONZALEZ
 Unidad de Ingresos e Ingresos y BPS

NOVA
 (Firma)
 (Firma)
 (Firma)
 (Firma)
 (Firma)

NOVA
 (Firma)
 (Firma)
 (Firma)
 (Firma)
 (Firma)

NOVA
 (Firma)
 (Firma)
 (Firma)
 (Firma)
 (Firma)

ANEXOS



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



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0595 S.S. O.T.: 31,828

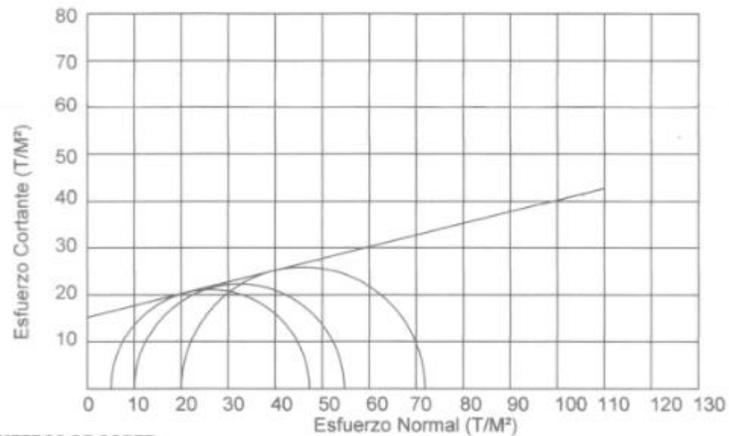
INTERESADO: Eli Samuel Perez Ramirez, Carné No. 200320450

PROYECTO: EPS-"Diseño de centro de capacitacion para mujeres, chiquimula"

Ubicación: Chiquimula

Fecha: 27 de agosto del 2013

pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 14.03^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 15.26 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Arcilla limosa con material organico color café

DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	26.18	32.37	45.99
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	3.5	5.0	8.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.57	1.57	1.57
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.82	1.82	1.82
HUMEDAD (%H)	16.1	16.1	16.1

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono direct: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 80208 y 80221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://on.usac.edu.gt>



INFORME No. 0591 S.S.

O.T. No.: 31,829

Interesado: Eli Samuel Pérez Ramírez, Carne No. 200320450

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proctor Estándar: () Norma:

Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: EPS- Diseño de la Ampliación y Mejoramiento de la Carretera hacia la Aldea Conacaste,

Chiquimula, Chiquimula

Ubicación: Chiquimula, Chiquimula

Fecha: martes, 27 de agosto de 2013



Descripción del suelo: Grava con Presencia de Arena Arcillosa Color Beige

Densidad seca máxima γ_d : 2,002 Kg/m³ 124.95 lb/pie³

Humedad óptima Hop.: 6.0 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CI/USAC

Ing. Omar Enrique Meltrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



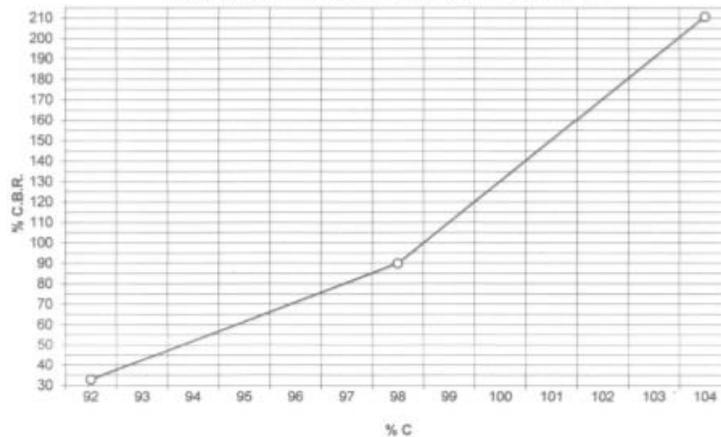
INFORME No.: 0592 S.S.

O.T. No.: 31,829

Interesado: Eli Samuel Pérez Ramírez, Carne No. 200320450
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS- Diseño de la Ampliación y Mejoramiento de la Carretera hacia la Aldea Conacaste
Ubicación: Chiquimula, Chiquimula
Descripción del suelo: Grava con Presencia de Arena Arcillosa Color Beige
Fecha: martes, 27 de agosto de 2013

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	Ψ_a (Lb/plie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	6.25	115.4	92.32	-0.13	33.0
2	30	6.25	123.4	98.74	-0.07	89.9
3	65	6.25	130.3	104.28	0.02	210.8

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Matijela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 0593 S.S.

O.T.: 31,829

Interesado: Eli Samuel Pérez Ramírez, Carne No. 200320450

Proyecto: EPS- Diseño de la Ampliación y Mejoramiento de la Carretera hacia la Aides Conacaste, Chiquimula,
Chiquimula

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Chiquimula, Chiquimula

FECHA: martes, 27 de agosto de 2013

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	29.4	11.7	CL	Grava con Presencia de Arena Arcillosa Color Beige

(*) CLASIFICACION SEGUN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Teima Marcela Cano Morales
DIRECTORA CIUSAC

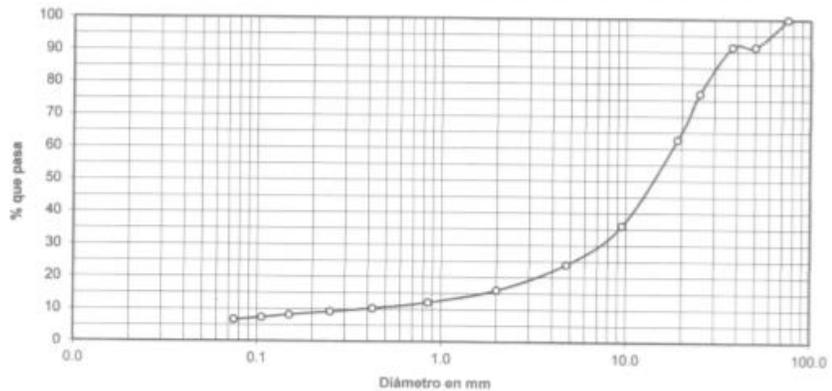

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos





INFORME No. 0594 S.S. O.T. No. 31,829
Interesado: Eli Samuel Pérez Ramírez, Carne No. 200320450
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
Norma: ASTM D6913-04
Proyecto: EPS- Diseño de la Ampliación y Mejoramiento de la Carretera hacia la Aldea Conacaste
Ubicación: Chiquimula, Chiquimula
Fecha: martes, 27 de agosto de 2013 Muestra: 1

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	16.03
2"	50 mm	91.52	20	850 μ m	12.16
1 1/2"	37.5 mm	91.52	40	425 μ m	10.34
1"	25 mm	77.04	60	250 μ m	9.26
3/4"	19.0 mm	62.74	100	150 μ m	8.26
3/8"	9.5 mm	36.07	140	106 μ m	7.37
4	4.75 mm	23.99	200	75 μ m	6.68



Descripción del suelo: Grava con Presencia de Arena Arcillosa Color Beige % de Grava: 76.01 D10: 0.36 mm
Clasificación: S.C.U.: GP-GC % de Arena: 17.31 D30: 7.30 mm
P.R.A.: A-1-a % de finos: 6.68 D60: 18.0 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Vo. Bo. 
Inga. Teima Maricela Cano Morales
DIRECTORA CIVUSAC

Atentamente,


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Interesado: Eli Samuel Perez Ramirez
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN
Proyecto: EPS

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Ubicación: Chiquimula, Chiquimula
Fecha: Lunes, 12 de Mayo de 2014



Descripción del suelo: Arena Limosa Color Beige
Densidad seca máxima γ_d : 1.147,03 Kg/m³ 71,60 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 37,50 %

Interesado: Eli Samuel Perez Ramirez
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS
 Ubicación: Chiquimula, Chiquimula
 Descripción del suelo: Arena Limosa Color Beige
 Fecha: Lunes, 12 de Mayo de 2014

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	37,50	64,34	89,9	0,02	10,95
2	30	37,50	67,34	94,0	0,07	24,52
3	65	37,50	71,40	99,7	0,11	28,97



Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Interesado: Eli Samuel Perez Ramirez

Proyecto: EPS

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Chiquimula, Chiquimula

FECHA: Lunes, 12 de Mayo de 2014

RESULTADOS:

<i>ENSAYO No.</i>	<i>MUESTRA No.</i>	<i>L.L. (%)</i>	<i>I.P. (%)</i>	<i>CLASIFICACION *</i>	<i>DESCRIPCION DEL SUELO</i>
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena Limosa Color Beige

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

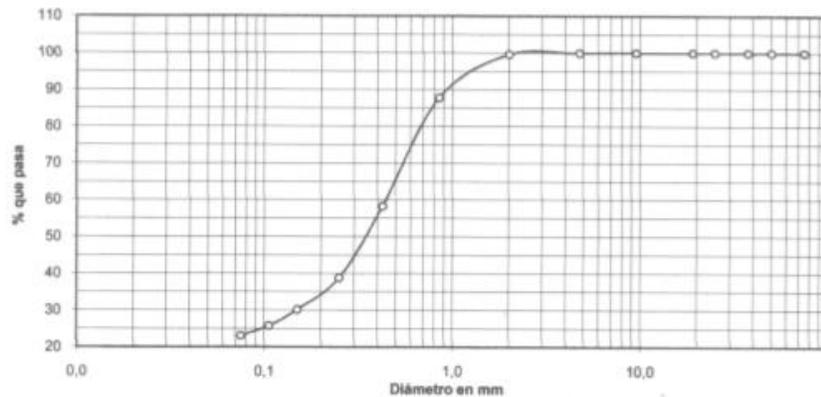
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Interesado: Eli Samuel Perez Ramirez
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS

Ubicación: Chiquimula, Chiquimula
 Fecha: Lunes, 12 de Mayo de 2014

Muestra: 1

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100,00	10	2,00 mm	99,57
2"	50 mm	100,00	20	850 μ m	87,81
1 1/2"	37,5 mm	100,00	40	425 μ m	58,27
1"	25 mm	100,00	60	250 μ m	38,82
3/4"	19,0 mm	100,00	100	150 μ m	30,16
3/8"	9,5 mm	100,00	140	106 μ m	25,81
4	4,75 mm	99,96	200	75 μ m	23,08



Descripción del suelo: Arena Limosa Color Beige
 Clasificación: S.C.U.: SM % de Grava: 0,04 D10: *
 P.R.A.: A-2-4 % de Arena: 76,88 D30: 0,50 mm
 % de finos: 23,08 D60: 4,50 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
 * Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

