



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

**DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN DE MAMPOSTERÍA PARA EL PUENTE
PROMACOSA, RÍO PLATANITOS, SAN MIGUEL PETAPA Y MAPEO DE USO DE
SUELOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER Y SISTEMA DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (ARCGIS) PARA SAN MIGUEL PETAPA Y SANTA
CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Elmer Daniel Aguilar Vargas

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, septiembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN DE MAMPOSTERÍA PARA EL PUENTE
PROMACOSA, RÍO PLATANITOS, SAN MIGUEL PETAPA Y MAPEO DE USO DE
SUELOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER Y SISTEMA DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (ARCGIS) PARA SAN MIGUEL PETAPA Y SANTA
CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

Elmer Daniel Aguilar Vargas

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE MURO DE CONTENCIÓN DE MAMPOSTERÍA PARA EL PUENTE
PROMACOSA, RÍO PLATANITOS, SAN MIGUEL PETAPA Y MAPEO DE USO DE
SUELOS UTILIZANDO LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER Y SISTEMA DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (ARCGIS) PARA SAN MIGUEL PETAPA Y SANTA
CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 10 de mayo de 2018.

Elmer Daniel Aguilar Vargas

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi creador y nunca abandonarme en todos mis caminos.

Mis padres

José Luis Aguilar Moreno y Liliana Hortencia Vargas Alfaro, por su gran amor incondicional, apoyo, paciencia y ser mi motivación a seguir siempre adelante.

Mi hermano

José Luis Aguilar Vargas, por siempre estar conmigo, ser ejemplo y brindarme alegría en cada momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me formó como profesional y me brindó mucho conocimiento de distintos aspectos de la vida.
Facultad de Ingeniería	Por otorgarme el honor de formar parte de la facultad, brindarme conocimiento y herramientas necesarias para culminar mi carrera.
Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán	Por permitirme realizar mi práctica de Ejercicio Profesional Supervisado y por todo el conocimiento brindado por cada uno de sus miembros.
Mis amigos de la Facultad	Por compartir conocimiento y grandes experiencias en estos años en la universidad a cada uno por nombre.
Mi familia	Por siempre contar con su apoyo, alegría y siempre darme palabras de ánimo para seguir adelante.
Mis amigos	Por siempre estar a mi lado, brindarme buenos momentos y siempre darme su apoyo en cualquier circunstancia.

Amigos de AMSA

Brayan Onasis Estevez y Leonel Mejía
por su amistad, conocimiento y asesorías
brindadas a lo largo de mi estadía en
dicha institución.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de los municipios de San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula.....	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.1.1. Ubicación.....	2
1.1.1.2. Límites y extensión	3
1.1.1.3. Clima	3
1.1.2. Aspectos socioeconómicos.....	4
1.1.2.1. Etnia, religión y cultura	4
1.1.2.2. Población actual	5
1.1.2.3. Actividad económica.....	5
1.1.3. Aspectos ambientales.....	6
1.1.3.1. Tipos de suelo	7
1.1.3.2. Tipos de bosque	8
1.1.3.3. Aspectos climáticos	9
2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1. Diseño de muro de contención de mampostería reforzada	11

2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Reconocimiento del lugar	13
2.1.3.	Muros de contención	13
2.1.4.	Estabilidad de las masas de tierra.....	14
2.1.5.	Geomallas	16
2.1.6.	Ensayo de compresión triaxial.....	16
2.1.7.	Ensayo límites de Atterberg	18
2.1.8.	Ensayo de granulometría	20
2.1.9.	Chequeos necesarios para un muro de contención	21
2.1.9.1.	Chequeo de corte actuante y momento flector en cortina.....	21
2.1.9.2.	Chequeos de volteo, deslizamiento y capacidad soporte en la base.....	25
2.1.10.	Tipo de mortero	28
2.1.11.	Datos necesarios para el diseño del muro	35
2.1.12.	Criterios utilizados para el predimensionamiento del muro de contención	37
2.1.13.	Cálculo de ensayo triaxial.....	38
2.1.14.	Cálculo de valor soporte del suelo	41
2.1.15.	Diseño de la cortina.....	45
2.1.15.1.	Predimensionamiento.....	45
2.1.15.2.	Determinación del corte actuante en la base de la cortina	45
2.1.15.3.	Chequeo de corte actuante y corte resistente.....	46
2.1.15.4.	Determinación del momento flector en la base.....	48

2.1.15.5.	Determinación del acero de refuerzo principal (cortina)	48
2.1.15.6.	Determinación de acero por temperatura	59
2.1.15.7.	Prediseño de cortina.....	60
2.1.16.	Diseño de la base	62
2.1.16.1.	Prediseño del pie	62
2.1.16.2.	Prediseño del talón	62
2.1.16.3.	Cálculo de empuje	62
2.1.16.4.	Cálculo de pesos y momentos del muro	66
2.1.16.5.	Diseño del pie y talón	70
2.1.16.6.	Resultados finales	79
2.1.17.	Diseño final	80
2.1.18.	Estudio de impacto ambiental.....	82
2.1.19.	Presupuesto del proyecto	96
2.1.20.	Cronograma de trabajo del muro de contención de mampostería.....	99
2.1.21.	Elaboración de planos	100
2.2.	Diseño de mapa de uso de suelos mediante metodología Corine Land Cover	101
2.2.1.	Descripción del proyecto	101
2.2.2.	Digitalización.....	101
2.2.3.	Sistemas de coordenadas	102
2.2.3.1.	Coordenadas geográficas.....	102
2.2.3.1.1.	Latitud.....	102
2.2.3.1.2.	Longitud.....	102
2.2.3.1.3.	El meridiano de Greenwich	103

2.2.3.2.	Coordenadas GTM.....	103
2.2.4.	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	104
2.2.5.	Representación de datos en forma ráster o vectorial.....	105
2.2.6.	Metodología Corine Land Cover.....	106
2.2.7.	Recopilación de información	109
2.2.8.	Interpretación visual de espacio de mapas	110
2.2.9.	Clasificación no supervisada.....	110
2.2.10.	Clasificación supervisada.....	110
2.2.11.	Trabajo de campo	113
2.2.12.	Transformación de ráster a polígono.....	113
2.2.13.	Resultados finales.....	115
2.2.14.	Elaboración de planos.....	116
CONCLUSIONES.....		117
RECOMENDACIONES		119
BIBLIOGRAFÍA.....		121
APÉNDICES.....		123
ANEXOS.....		141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación municipios San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula.....	2
2.	Tipos de fallas en taludes.....	15
3.	Equipo necesario para ensayo de compresión triaxial	17
4.	Envolvente de falla de Mohr	18
5.	Diagrama de presiones triangulares respectivas	23
6.	Revisión de la falla por capacidad soporte.....	26
7.	Detalle de criterios utilizados para dimensiones de muro	37
8.	Detalle de armado de muro.....	61
9.	Distribución geométrica.....	63
10.	Diagrama de cuerpo libre	64
11.	Diagrama de presiones en pie y talón	70
12.	Diagrama de presiones en el pie.....	71
13.	Diagrama de presiones del talón.....	75
14.	Detalle final de armado de muro de contención	81
15.	Tipos de formato en SIG	105
16.	Imagen Pleiades de la cuenca del lago de Amatitlán	109
17.	Capa de puntos para clasificación supervisada	111
18.	Clasificación supervisada municipio San Miguel Petapa.....	112

TABLAS

I.	Tamaños de mallas estándar.....	21
II.	Especificación de los morteros por propiedad	29
III.	Guía para la selección de morteros de mampostería	31
IV.	Proporciones de los materiales del mortero.....	34
V.	Datos de coeficiente de fricción del suelo.....	36
VI.	Resultados de ensayo de compresión triaxial en laboratorio	38
VII.	Valor soporte permisible, según el tipo de suelo	41
VIII.	Datos del ensayo triaxial no consolidado y no drenado	42
IX.	Datos necesarios para cálculo de primer tramo de cortina	51
X.	Datos necesarios para el cálculo del segundo tramo de cortina	55
XI.	Empujes.....	64
XII.	Diseño final cortina	80
XIII.	Diseño final zapata	80
XIV.	Evaluación ambiental inicial proporcionada por MARN	83
XV.	Precios unitarios del muro de contención	96
XVI.	Resumen del presupuesto del muro de contención	98
XVII.	Tabla de nomenclatura de cobertura terrestre Corine Land Cover	107
XVIII.	Códigos de clasificaciones.....	112
XIX.	Colores de categorías en mapas	114
XX.	Descripción uso de suelo en municipio de San Miguel Petapa.....	115
XXI.	Descripción uso de suelo en municipio de Santa Catarina Pinula	115

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A razón (espaciamiento)
b	Ancho unitario del elemento
Φ	Ángulo de fricción interna
β	Ángulo de inclinación del talud de relleno y la horizontal
A	Área
As	Área de acero
Asmin	Área de acero mínimo
Ast	Área de acero por temperatura
j	Brazo entre las resultantes de tensión y de compresión
q	Capacidad soporte
Vs	Capacidad soporte del suelo
cm.	Centímetros
μ	Coeficiente de fricción entre el suelo y base
K_a	Coeficiente del empuje activo de suelos
K_p	Coeficiente del empuje pasivo de suelos
V_u	Corte último
Df	Desplante de cimentación
B	Dimensión menor en planta de la cimentación (ancho)
V_a	Esfuerzo de corte actuante
V_m	Esfuerzo permisible de corte en la mampostería

f_s	Esfuerzo permisible del acero
t	Espesor del elemento
e	Excentricidad
FS	Factor de seguridad
V	Fuerza de corte de diseño en la sección
Kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
Kg/m	Kilogramo por metro
Kg-m/m	Kilogramo-metro por metro
M	Momento
M_b	Momento de volteo
M_r	Momento resistente
M_R	Momento resultante
M_u	Momento último
M_{vs}	Momento vertical de sobrecarga
W	Peso
W_c	Peso del concreto de la zapata por unidad de longitud
W_s	Peso del suelo que está encima de la zapata por unidad de longitud
Y_m	Peso específico de la mampostería
Y_s	Peso específico del suelo
P_a	Presión activa
P_{ah}	Presión activa horizontal
P_{av}	Presión activa vertical
P_{sv}	Presión de la sobrecarga vertical
P_p	Presión pasiva
H1	Profundidad del muro hasta la parte superior de la zapata

$f'c$	Resistencia especificada a la compresión del concreto
$f'y$	Resistencia especificada a la fluencia del acero de refuerzo
$f'm$	Resistencia última a la compresión de la mampostería
q_o	Sobrecarga uniformemente distribuida, ya sea parcial o total
Ton/m²	Tonelada por metro cuadrado

GLOSARIO

Arcgis	Nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de información Geográfica.
Cimentación	Parte de la estructura cuya función es transmitir las cargas al suelo subyacente.
Coordenadas GTM	Sistema de coordenadas creado a partir del sistema de coordenadas UTM con uso exclusivo en Guatemala.
Deslave	Falla de una masa de tierra con ángulo de inclinación, sin protección, debida a la infiltración de agua, esta pierde el ángulo de inclinación original, causando su movimiento respecto a este.
Mampostería	Obra de fábrica hecha de mampuesto o piedras sin labrar, que se superponen una con otra uniéndose mediante un mortero de cemento, cal y arena.
Momento flector	Es un momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal.
Píxel	Unidad básica de una imagen digitalizada en pantalla a base de puntos de color o en escala de grises.

Ráster

Tipo de imagen que usa una cuadrícula de colores para representar las imágenes. Cada punto de la cuadrícula es un píxel.

SIG

Integración de hardware, software y datos geográficos para capturar, almacenar, manipular y analizar información georreferenciada.

RESUMEN

El paso del río Platanitos en el municipio de San Miguel Petapa ha ocasionado varios daños por su caudal y crecidas bruscas en épocas de lluvia, esto provoca que la desestabilización de los taludes sea uno de los problemas más comunes, como lo sucedido en junio de 2015 que la lluvia provocó grandes crecidas en distintos puntos de la región.

Es por eso que el primero proyecto de este trabajo de graduación contiene el diseño de 2 muros de contención de 85 metros de longitud de cada lado, haciendo un total de 170 metros de construcción. Se desarrollará topografía donde se tomarán puntos en las coronas de los taludes, puntos para tener datos del ancho del lecho del río, puntos de la longitud y altura del puente Promacosa con 7 metros de ancho por 20 metros de largo. Este proyecto beneficiará tanto a población que habita cerca de las coronas del talud como también a los vecinos que viven en aguas bajas de donde se construirán los muros de contención Se elaborará diseño con juntas de dilatación, diseño de cortina, base, talón y pie, como también las distintas áreas de acero principal y por temperatura. La ubicación del proyecto es en el municipio de San Miguel Petapa, Guatemala, latitud $14^{\circ}29'32,90''$ N y longitud $90^{\circ}33'22,61''$ O.

El segundo proyecto presenta la propuesta de un mapeo de usos que se le da al suelo, esto se realizará en los municipios de San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula con el área que se encuentre dentro del perímetro de la cuenca del lago de Amatitlán. Se realizarán clasificaciones no supervisadas y supervisadas en las cuales se harán visitas de campo para la verificación de las mismas. Estos mapas se realizarán con la ayuda de las siguientes

caracterizaciones que especifica la metodología Corine Land Cover: tela urbana continua, tierra ocupada principalmente para la agricultura, bosque mixto y áreas escasamente vegetadas.

OBJETIVOS

General

Diseñar muro de contención de mampostería reforzada para la estabilización de talud en el puente Promacosa y realizar mapeo del uso que se le da al suelo utilizando metodología Corine Land Cover y sistemas de información geográfica (ArcGIS).

Específicos

1. Realizar diseño óptimo de un muro de contención que estructuralmente cumpla con dimensiones y área de acero que generen un equilibrio entre sus fuerzas pasivas y activas.
2. Elaborar presupuesto que incluya trabajos preliminares, costos directos e indirectos que generen el costo directo total del proyecto de muro de contención.
3. Cuantificar áreas encontradas de las categorías analizadas por el mapeo de uso del municipio de San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula.
4. Crear mediante los resultados del mapa de uso del suelo planes de ordenamiento territorial para elevar el desarrollo en los municipios.

5. Desarrollar estudio de impacto ambiental para comprobar si estos dejan aspectos positivos o negativos.

INTRODUCCIÓN

En todos los proyectos planificados y desarrollados en las distintas instituciones públicas del país tienen como beneficios apoyar a través de proyectos sociales a poblaciones. Los proyectos que se ejecutarán en el presente trabajo de graduación tienen como fin la ayuda a la población necesitada como también el incremento de las coberturas del desarrollo.

El río Platanitos está formado por varios afluentes, por su ubicación geográfica y debido al gran crecimiento poblacional de la zona, su caudal ha incrementado en los últimos años, sus corrientes se localizan en los municipios de Villa Nueva y San Miguel Petapa, del departamento de Guatemala.

La erosión del talud de las bordas del puente Promacosa es debida a las distintas fuerzas de las corrientes que lleva el río Platanitos, el lugar de estudio del cauce es San Miguel Petapa, en épocas de crecidas este provoca un gran arrastre de sedimentos en el cauce aguas abajo provocando desestabilización en los taludes, inundaciones y daños a la infraestructura aledaña al cauce, este está originando áreas de vulnerabilidad y riesgo para las viviendas que se encuentran localizadas en las coronas de estos taludes.

En la propuesta de alternativas de soluciones se propone la implementación de muros de contención de mampostería reforzada por medio de 2 módulos de 85 metros de longitud de cada lado del talud principalmente evitar catástrofes y pérdidas humanas como materiales en las bordas del puente Promacosa.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de los municipios de San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula

A continuación, se describe una monografía de los municipios San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula del departamento de Guatemala.

1.1.1. Aspectos generales

- San Miguel Petapa

El origen del nombre Petapa es por la reunión de dos palabras indígenas: pet que significa estera y thap, que quiere decir agua, el nombre propiamente dicho quiere decir cama de agua, en razón de que el agua del lago está llana, mansa y quieta.

- Santa Catarina Pinula

El origen de su nombre es gracias a la lengua indígena "Pancac", cuyo significado etimológico es: "Pan" que significa "dentro o entre", y "Cac" que tiene 3 significados, el primero, "fuego", el segundo "nigua" y el tercero "guayaba". Se puede suponer que el significado que corresponde es "Entre guayabas".

1.1.1.1. Ubicación

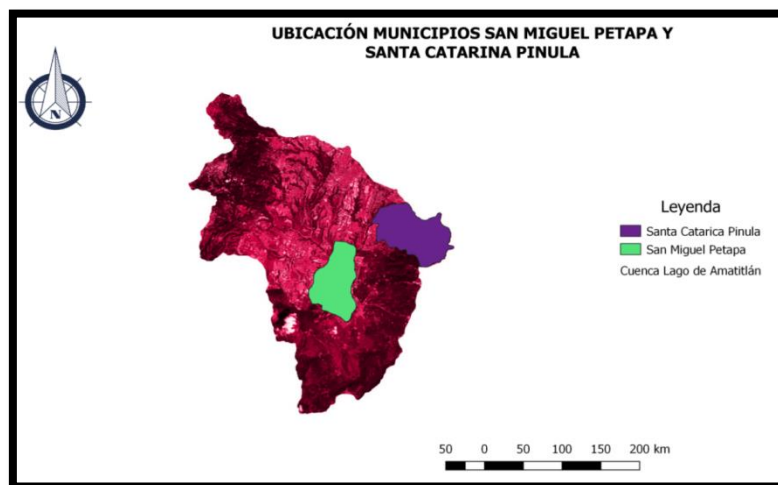
- San Miguel Petapa

Es un municipio del departamento de Guatemala, localizado al sur de la Ciudad Capital está completamente rodeado por municipios. A $14^{\circ} 30' 06''$ latitud sur y $90^{\circ} 33' 37''$ longitud oeste y 1 285 MSNM.

- Santa Catarina Pinula

Es un municipio del departamento de Guatemala, colinda al norte con la Ciudad Capital. A $14^{\circ} 34' 00''$ latitud norte y $90^{\circ} 30' 00''$ longitud oeste y una altitud media de 1 550 MSNM.

Figura 1. **Ubicación municipios San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula**



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

1.1.1.2. Límites y extensión

- San Miguel Petapa

Es el municipio del departamento de Guatemala con menos territorio, ya que posee un total es de 20,25 km², su área dentro de la cuenca del lago de Amatitlán es la misma. Colinda geográficamente al norte con el municipio de Guatemala, al este con Villa Canales, al sur con Amatitlán y al oeste con Villa Nueva.

- Santa Catarina Pinula

Posee un área de 48 km², su área dentro de la cuenca del lago de Amatitlán es de 25,18 km². Colinda geográficamente al norte con el municipio de Guatemala, al este con el municipio de San José Pinula, por el sur con los municipios de Fraijanes, Villa Canales y Guatemala al oeste.

1.1.1.3. Clima

- San Miguel Petapa

Cuenta con un clima templado y agradable. Se marcan durante el año, dos estaciones siendo ellas: verano e invierno. La temperatura promedio es de 20 °C, y una humedad del 50 %. La precipitación pluvial media de 1 000 mm /año.

- Santa Catarina Pinula

La cabecera municipal cuenta con un clima templado, con una temperatura máxima media de 24,6 °C, una media de 19,3 °C y una mínima de 14 °C. La precipitación pluvial media de 1 326 mm/año.

1.1.2. Aspectos socioeconómicos

A continuación, se describen los aspectos socioeconómicos de los municipios de San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula.

1.1.2.1. Etnia, religión y cultura

- San Miguel Petapa

Es un poblado de ascendencia cakchiquel en la rama de los petapas. Los días 29 y 30 de noviembre se celebra la fiesta titular del municipio en honor al santo patrono San Miguel Arcángel. Durante la realización, se presencian danzas folklóricas en todos los alrededores del municipio. Entre los más destacados centros de recreación y turismo se encuentran: El Parque la Cerra, Playa de Oro, Parque San Miguel Petapa, Parque Dinosaurio. La mayor parte de la población practica la religión católica, el resto se distribuye entre evangélicos, mormones, testigos de Jehová y adventistas.

- Santa Catarina Pinula

El municipio fue fundado por indígenas de habla pokomán. Al igual que la mayoría de municipios de Guatemala, la mayor parte de su población practica la religión Católica. Para las fiestas patronales se realizan distintos actos en la

iglesia católica de la localidad. Por la noche se lleva a cabo un baile llamada “noche de recuerdo” en la cual participan marimbas de renombre, dichas fiestas hacen honor a la reina de la comunidad, también se realizan jaripeos, carreras de cintas de caballos, entre otras.

1.1.2.2. Población actual

- San Miguel Petapa

La población según las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), para el 2018 se tiene una proyección de 208 123 habitantes, donde el 6,9 % habitan en área rural, y un 93,1 % en el área urbana, con un porcentaje de 6,3 % de población indígena.

- Santa Catarina Pinula

La población según las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), para el 2018 se tiene una proyección de 103 288 habitantes, donde el 70,53 % vivía en el área urbana y el 29,47 % vivía en el área rural, con un 4,1 % indígena y un 95,4 % no indígena.

1.1.2.3. Actividad económica

- San Miguel Petapa

La situación económica de la población se tiene que el 46,22 % se dedica a labores agrícolas, el 12,41 % al comercio, el 19,85 % a labores industriales, el 9,77 % a la ganadería y el 12,56 % a actividades varias. La categoría de las viviendas se clasifica de la siguiente manera: colonias 85,09 %, pueblos 6,85 %,

aldeas 2,95 %, fincas 2,49 %, caseríos 1,21 %, condominios, asentamientos y parajes 1,41 %. Los principales cultivos son el café, caña de azúcar, maíz, repollo, tomate, cebolla, pepino, papas, melón, güicoy, güisquil, sandía, chile pimiento, fresa y mora. La artesanía que predomina es la elaboración de petates. En un 80 % las personas han llegado de otros departamentos a residir al municipio, motivo vivienda. Gran porcentaje de la población salen a trabajar a otros lugares como Guatemala, Villa Nueva, regresando a sus viviendas solamente a dormir.

- **Santa Catarina Pinula**

Se caracteriza por tener un índice de desarrollo humano elevado: 0,74, lo cual lo hace un municipio desarrollado, pues reporta un porcentaje de analfabetismo del 6 % y un porcentaje de pobreza general del 12,7 %. Su población realiza actividades económicas como la artesanía (elaboración de floreros, jarrones, candeleros y demás figuras de barro), la mayoría de su población se dedica al comercio, La agricultura es, en su mayoría, de subsistencia. Se dedica al cultivo de maíz, café, trigo y frijol, que son cultivados por pequeños agricultores que los utilizan para el propio consumo y ser comercializados los mismos mercados del municipio. Se cuenta con pocas industrias, se cuenta con manejo forestal productivo de leña, madera.

1.1.3. Aspectos ambientales

A continuación, se describen los aspectos ambientales de los municipios San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula del departamento de Guatemala.

1.1.3.1. Tipos de suelo

- San Miguel Petapa

Su configuración es plana en su mayoría y escasa área montañosa, cuenta con un suelo fértil, lo que le permite que sus agricultores tengan un suelo cultivable, es además aluvial pues está formado por materiales transportados por el agua y el viento, depositados en lagos o ríos.

El uso actual del suelo, aproximadamente el 54 % de las tierras que constituyen la cuenca del lago de Amatitlán tiene vocación forestal, para cultivos perennes, pastoreo, reservas naturales y parques. Sin embargo, el suelo no se usa apropiadamente. Las extensas áreas urbanizadas, el empleo del suelo para uso agrícola y la falta de prácticas de conservación de suelos inciden negativamente en la situación ambiental del lago y su cuenca. Esto mismo sucede en el municipio. Para resolver este problema se tiene contemplada la aplicación del plan de ordenamiento territorial trabajándolo en convenios mediante varias instituciones tanto del estado como privadas para toda el área metropolitana que incluye los municipios de la cuenca. Dicho plan consiste en ordenar el crecimiento urbano, industrial, áreas forestales, deportivas, recreativas, turísticas, culturales, naturales y de recarga de acuíferos.

- Santa Catarina Pinula

La topografía del municipio es irregular. El relieve del suelo va de 1 500 metros hasta 2 400 metros sobre el nivel del mar. Se identifican tres grupos de suelos: áreas fragosas, suelos de Guatemala y suelo Morán, estos presentan las siguientes características:

- Áreas fragosas: es un terreno quebrado grueso que tienen una pendiente muy alta, se consideran áreas donde está prohibido que habiten personas.
- Suelos de Guatemala: son profundos y bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica débilmente cementada, en un ambiente húmedo seco. La profundidad del suelo varía según el grado de erosión al cual ha estado sujeto durando su desarrollo. Comúnmente estos tipos de suelo se encuentran en las montañas planas en donde se cultiva maíz y café.
- Suelo Morán: son suelos bien drenados y desarrollados sobre ceniza volcánica pomáceo en un clima húmedo-seco. Ocupan relieves de ondulados a muy ondulados en altitudes medianas superiores en la parte sur central de Guatemala. Estos suelos originalmente estaban forestados, probablemente con pino, encino y ciprés.

1.1.3.2. Tipos de bosque

- San Miguel Petapa

En este municipio se cuenta con un área de 49,67 manzanas ocupada por cultivos anuales o temporales, 6 manzanas de cultivos permanentes y semipermanentes, 1,36 manzanas de pastos, no cuentan con superficie de bosques registradas y tiene 11,20 manzanas de otras tierras no clasificadas.

- Santa Catarina Pinula

Según estudios del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) se tienen datos que la infraestructura ocupa el 60,80 %, la agricultura el 2,46 %, los arbustos y matorrales el 11,41 %, los bosques naturales el 25,41 %, en los que se incluyen bosques mixtos, que son la mayoría, con el 25,07 %, y en un porcentaje mínimo un área de zona árida, que es menor al 1 %.

1.1.3.3. Aspectos climáticos

- San Miguel Petapa

Este municipio cuenta con un clima templado. Se marcan dos estaciones en el año, siendo estas: época seca o verano, con temperaturas muy altas. Época lluviosa o invierno, con bastante lluvia de los meses de mayo a octubre.

- Santa Catarina Pinula

Se tiene un 70 % de evapotranspiración y el porcentaje de días claros al año es del 50 %. Los vientos que predominan son, NE a SO fuerte de 90 % a 10 %. Se encuentra a una altura de 1 500 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es templado.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de muro de contención de mampostería reforzada

A continuación, se describen distintos ensayos y temas relacionados para la realización óptima de un muro de contención de mampostería reforzada.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la elaboración del diseño de dos módulos de muro de contención de mampostería (block de 66 kg/cm^2) reforzada, de 40 cm de peralte de zapata. Cada módulo de muro tiene una longitud de 85 metros haciendo un total entre los dos 170 metros, con columnas de 20 cm x 20 cm cada 2,00 metros, y juntas de dilatación cada 6,80 metros con sellador Sikaflex en cada una. A su vez, contará con un dren de piedrín de 3/4" y tubería de pvc de 4" para la evacuación de agua. Por sus características estos tipos de muros de contención son los más utilizados conocidos como de tipo voladizo, el muro vertical se le llama cortina en este estudio formado por mampostería reforzada, formado por una zapata la cual su parte exterior que oprime al suelo se le llama pie y la parte que tiene a ser levantada se le llama talón.

Para realizar este estudio se tomaron como base distintos libros de textos, códigos y normas. Entre las Normas de Seguridad Estructural para Guatemala (AGIES), se estudió norma NSE 5.3 llamada "obras de retención", que explica los distintos tipos de muros de contención que existen, el cálculo de empujes del suelo a tomar en cuenta al momento de tener cargas laterales como

también distintos criterios necesarios para realizar el diseño óptimo de una obra de retención de suelos, al mismo tiempo se estudió norma NSE 7.4 “diseño de mampostería reforzada”, en el cual se estudiaron especificaciones de la mampostería, el mortero y acero de refuerzo complementario vertical “pines”. Al mismo se utilizó el reglamento para concreto estructural (ACI 318-19) para encontrar ecuaciones de áreas de acero mínimas, por temperatura, al igual se utilizaron normas guatemaltecas COGUANOR, estas equivalentes a las normas internacionales (ASTM), Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés, entre las utilizadas fueron: NTG 41050, NTG 41054.

La filosofía de diseño que se utilizó fue la de esfuerzos admisibles (ASD), debido a que se cumple con que el esfuerzo permisible actuante tenía que ser menor al esfuerzo permisible del material. El método a trabajar se realizó mediante los siguientes pasos:

- Reconocimiento del lugar
- Topografía del lugar, con medidas tomadas en corona, mitad, parte baja del talud.
- Extracción de muestra de suelos para realizar ensayos de granulometría, límites de Atterberg y compresión triaxial.
- Ya con resultado de ensayos de suelos, determinar valor soporte y revisión de especificaciones de los materiales a utilizar para el diseño.
- Determinar normas, criterios, códigos y textos con los que se apoyará para la realización del diseño.
- Determinar método de estabilización del suelo a utilizar.
- Realizar predimensionamiento del muro de contención.

- Determinar el corte y momento actuando en la cortina.
- Encontrar área de acero de la cortina.
- Encontrar presiones y momentos (activos, pasivos).
- Realizar chequeos de volteo, deslizamiento y capacidad soporte.
- Diseñar pie y talón, mediante chequeos de corte y flexión.
- Diseño final del muro de contención.
- Realizar presupuesto del proyecto.
- Cronograma de trabajo.
- Realizar estudios de impacto ambiental.
- Elaboración de planos finales.

2.1.2. Reconocimiento del lugar

El puente Promacosa está ubicado en San Miguel Petapa, Guatemala, la temperatura promedio es de 20 °C, y una humedad del 50 %. La precipitación pluvial media de 1 000 mm /año. La ubicación del proyecto es: latitud 14°29'32.90" N y longitud 90°33'22.61" O.

2.1.3. Muros de contención

Son estructuras que su función principal es la de proporcionar estabilidad del suelo por una posible falla futura del mismo. Esta estructura soporta las distintas presiones que ejerce el suelo como presiones laterales o de empuje que serán producidos por la porción de tierra o de roca.

Una de las cualidades de los muros de contención es que su estabilidad se debe fundamentalmente a su peso propio y al peso del material que está sobre su fundación.

En general, éstos se dividen en dos categorías principales: convencionales y muros de tierra estabilizados mecánicamente. Los convencionales pueden ser:

- Muros de contención de gravedad
- Muros de contención de semigravedad
- Muros de contención en voladizo
- Muros de contención con contrafuertes

En el siguiente proyecto se aplicarán muros de contención en voladizo los cuales como toda estructura diseñada debe tener como primero un pre dimensionamiento suponiendo algunas de las dimensiones, esto para realizar revisiones de estas secciones en pruebas de estabilidad si estas al hacerse dan resultados que se salen de los parámetros requeridos, las secciones se cambian y vuelve a revisarse.

2.1.4. Estabilidad de las masas de tierra

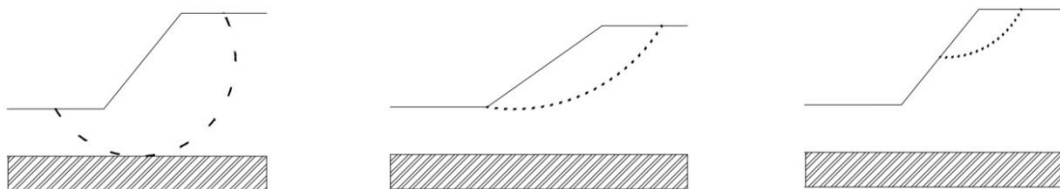
Realmente cualquier cosa que produzca una disminución de la resistencia del suelo o un aumento de los esfuerzos en el suelo, contribuye a la inestabilidad y deben tomarse en consideración. La seguridad de una masa de tierra contra falla o movimiento es lo que se llama estabilidad y debe considerarse no solo en el proyecto de estructuras de tierra sino también en la reparación y corrección de las que han fracasado. Para proyectos de estabilización de taludes, diques y presas de tierra es muy importante realizar los estudios de estabilidad, al menos que el proyecto no lo requiera.

Las fallas en los cuerpos de tierra ocurren cuando la resistencia al esfuerzo cortante del suelo es excedida por los esfuerzos cortantes que se producen en una superficie relativamente continua. La inestabilidad solo se

produce como resultado de la falla por esfuerzo cortante en una serie de puntos que definen la superficie, a lo largo de la cual se produce el movimiento.

La inestabilidad de los taludes es de las fallas más comunes de masas en la tierra. El agua que recorre ya sea la parte alta o la parte baja del talud es una de las principales causas que producen la falla. La falla ocurre corrientemente en una de las tres formas que se representan en la figura 2. La falla de base o profunda se produce en arcillas blandas o que tengan numerosos estratos alargados blandos. La parte superior del talud se cae dejando una pendiente muy pronunciada vertical mientras que el terreno a nivel situado más allá del pie del talud se levanta en coba. La falla pie de talud, se produce en taludes de gran pendiente y en suelos que tienen un ángulo de fricción interna apreciable. La parte superior del talud cae formando frecuentemente una serie de escalones, mientras que el terreno situado cerca del extremo inferior del talud se comba hacia afuera cubriendo el pie del talud. La falla de talud o de frente es un caso especial de la falla de pie de talud en que la presencia de un estrato duro limita la extensión de la superficie de falla.

Figura 2. **Tipos de fallas en taludes**



Falla de base o profunda.

Falla de pie de talud.

Falla de talud o de frente.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.5. Geomallas

Son materiales en forma de malla que pueden trabajar en un sentido y dos sentidos dependiendo al uso que se le dará a este. Cuentan con una alta resistencia a la tenacidad en el sentido longitudinal. Cuentan con diferencias notables comparándolos con los geotextiles ya que estos son tienden a deformarse menos siendo más rígidos. Las geomallas uniaxiales son las más comunes en la actualidad. Suelen utilizarse cuando el valor soporte es insuficiente para los requerimientos de alguna obra.

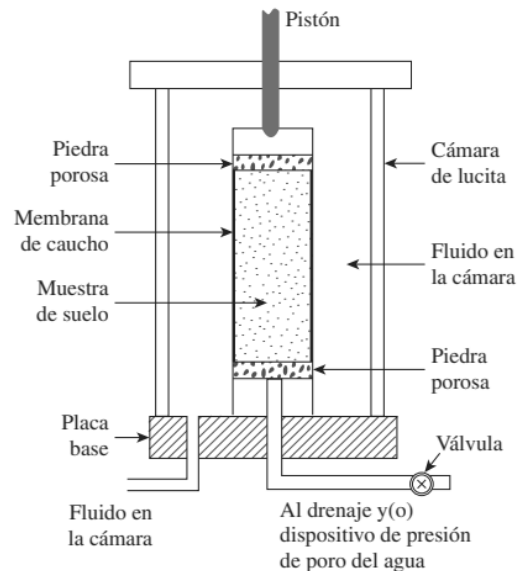
- Ventajas
 - Alta resistencia a la tensión
 - Alta capacidad de aporte mecánico que controla la condición de estabilidad de las estructuras en suelo reforzado.
 - Controla deformaciones de estructuras a un largo plazo.
 - Fácil y rápida instalación.

2.1.6. Ensayo de compresión triaxial

El ensayo consiste en colocar una muestra cilíndrica de suelo dentro de una membrana de caucho o goma, que se introduce en una cámara especial y se le aplica una presión igual en todo sentido y dirección. Alcanzado ese estado de equilibrio, se aumenta la presión normal o axial (σ_1), sin modificar la presión lateral aplicada (σ_3), hasta que se produzca la falla.

El agua de la cámara puede adquirir cualquier presión deseada por la acción de un compresor comunicado con ella. La carga axial se transmite al espécimen por medio de vástago que atraviesa la parte superior de la cámara.

Figura 3. **Equipo necesario para ensayo de compresión triaxial**

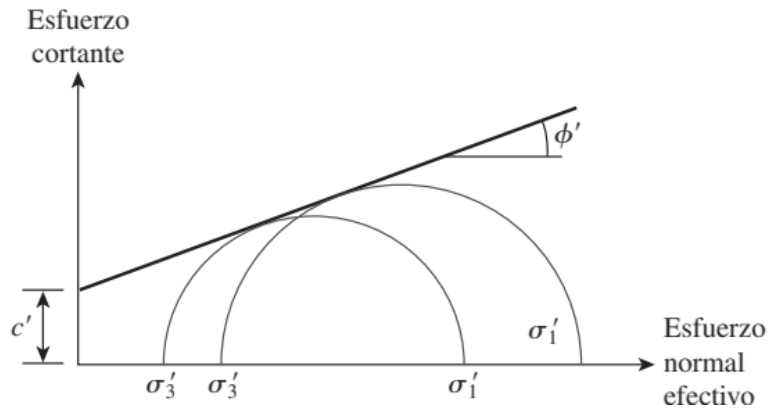


Fuente: DAS, Braja M. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. p. 50.

Su principal finalidad es obtener parámetros del suelo, la cohesión, el ángulo de fricción interna y la relación esfuerzo-deformación a través de la determinación del esfuerzo cortante. Es un ensayo complejo, pero es uno de los ensayos que brinda la mejor información representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa de suelo al ser cargada.

Realizando por lo menos 3 pruebas, con presiones laterales diferentes, en un gráfico se dibujan los círculos de Mohr que representan los esfuerzos de falla de cada muestra y trazando una tangente o envolvente a éstos, se determinan los parámetros ϕ y c del suelo como se muestra en figura 4. Dependiendo del tipo de suelo y las condiciones en que este trabajará, las alternativas para realizar el ensayo serán consolidados no drenado (CU), no consolidado no drenado (UU) o consolidado drenado (CD).

Figura 4. **Envolvente de falla de Mohr**



Fuente: DAS, Braja M. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. p. 50.

2.1.7. **Ensayo límites de Atterberg**

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quien por medio de ellos separó los cuatro estados de consistencia de los suelos coherentes.

Estos límites son: límite líquido, límite plástico, límite de contracción e índice plástico, mediante ellos se puede dar una idea del tipo de suelo en estudio. Todos los límites de consistencia se determinan empleando suelo que pase la malla No. 40. La diferencia entre los valores del límite líquido y el límite plástico dará el llamado índice plástico del suelo. Los límites líquido y plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo, pero el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla.

Cuando no se puede determinar el límite plástico de un suelo se dice que es no plástico (N.P.), y en este caso el índice plástico se dice que es igual a cero. El índice de plasticidad indica el rango de humedad a través del cual los suelos con cohesión tienen propiedades de un material plástico.

Según Atterberg, cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo presenta baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

- El límite líquido de un suelo es determinado por medio de la copa de Casagrande (designación de prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de $\frac{1}{2}$ de pulgada (12,7 mm) mediante 25 golpes.
- El límite plástico se define como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rollito de $\frac{1}{8}$ de pulgada (3,18 mm) de diámetro (designación de prueba D-4318 de la ASTM).
- El límite de contracción se define como contenido de agua con el cual el suelo no sufre ningún cambio adicional de volumen con la pérdida de agua (Designación de prueba D-427 de la ASTM).

Los resultados obtenidos en el ensayo de límites de Atterberg son:

- L.L.= 35,4 %
- I.P.= 11,2 %
- Clasificación: ML
- Descripción del suelo: limo de color café oscuro con presencia de arena fina de consistencia dura.

2.1.8. Ensayo de granulometría

Conocer los componentes que conforman el suelo es de suma importancia cuando se realizará una estructura que tendrá algún contacto con ello, el análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en por ciento de los diversos tamaños de los distintos tipos de suelo que lo constituyen. Para clasificar los tamaños las partículas gruesas el procedimiento que da menos problema a la hora de su realización es el del tamizado.

El análisis granulométrico con mallas se realiza con una porción de tu muestra de suelo, este previamente tiene que ser secado y bien pulverizado, se hace pasar a través de un apilo de mallas con aberturas cada vez más pequeñas que dispone de una charola en su parte inferior. Se mide la cantidad de suelo retenido en cada malla y al final el objetivo será determinar el porcentaje de finos. En la siguiente tabla se observará los números de mallas utilizados y su tamaño correspondiente de sus aberturas.

Tabla I. **Tamaños de mallas estándar**

Malla número	Abertura (mm)
10	2,00
20	0,84
40	0,42
60	0,25
100	0,149
200	0,074

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 49.

Los resultados del ensayo de granulometría se adjuntan en el área de apéndices del trabajo de graduación.

2.1.9. Chequeos necesarios para un muro de contención

Para lograr que un muro de contención trabaje de manera óptima se deben hacer distintos chequeos a la estructura en general, estos son: corte actuante, momento flector, volteo, deslizamiento y valor soporte.

2.1.9.1. Chequeo de corte actuante y momento flector en cortina

Como la función principal de un muro de contención es proporcionar estabilidad de un suelo por posibles fallas, este suelo en su mayoría de casos es muy difícil estimar el comportamiento que tendrá, este puede variar por su porcentaje de humedad, el tipo de relleno y la compactación.

La presión que ejerce el suelo sobre el muro va aumentar con la profundidad y como en su mayoría retienen suelo, estos van a depender del peso unitario del suelo, la altura y en nuestro caso que el muro un relleno de suelo inclinado por lo cual este tendrá a deslizarse, actuando las presiones activas y pasivas del suelo. Por estos casos es de total importancia realizar chequeo de corte y momento en las alturas de la cortina que se requiera conocer los valores de corte y momento, en nuestro estudio se realizaron con 3 alturas distintas medidas desde la superficie de la corona, a 3,6 metros que es la altura total de nuestra cortina, donde los valores van a ser críticos, a 2,4 metros que es la altura desde la corona a donde empieza nuestra tercer solera y a 1,2 que es la altura desde la corona a donde empieza nuestra segunda corona.

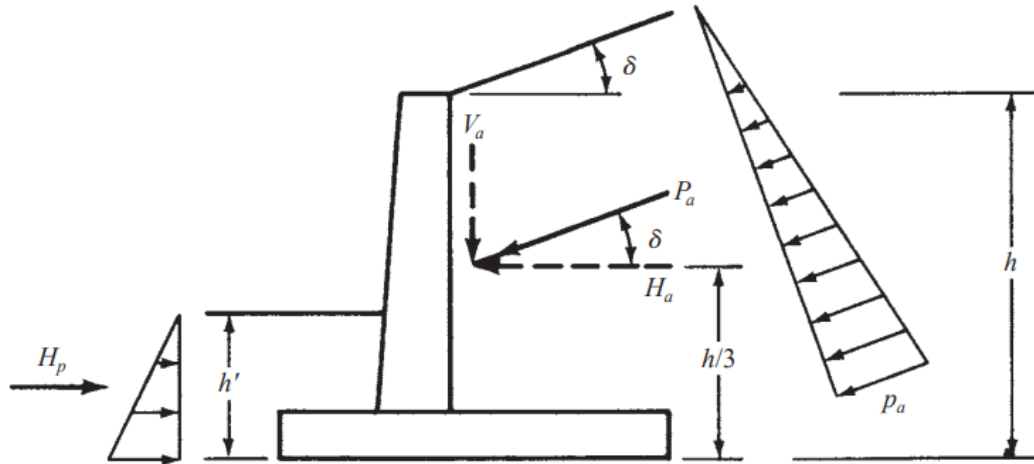
Las presiones activas y pasivas cuentan con coeficientes que dependerán del ángulo de inclinación del talud como también del ángulo de fricción interna del suelo, pueden calcularse por medio de teorías de Rankine o Coulomb. Coulomb se utiliza cuando se calcula en muros mayores a 6 metros, mientras que aquí se utilizará Rankine porque estos se calculan en muros de 6 metros o menos.

$$K_a = \cos(B) * \left(\frac{\cos(B) - \sqrt{(\cos(B))^2 - (\cos(\Phi))^2}}{\cos(B) + \sqrt{(\cos(B))^2 - (\cos(\Phi))^2}} \right)$$

$$K_p = \cos(B) * \left(\frac{\cos(B) + \sqrt{(\cos(B))^2 - (\cos(\Phi))^2}}{\cos(B) - \sqrt{(\cos(B))^2 - (\cos(\Phi))^2}} \right)$$

Una vez se tienen los valores de K_a y K_p , las presiones según Rankine son triangulares respectivamente, como lo representa la siguiente figura.

Figura 5. Diagrama de presiones triangulares respectivas



Fuente: MCCORMAC, Jack; BROWN, Rusell. *Diseño de concreto reforzado*. p. 394.

Entonces el valor de presión activa que para nuestro estudio es el estudio de corte vendrá dado por la ecuación:

$$V = \left[\left(\frac{y_s * K_a * H^2}{2} \right) \right]$$

A esta ecuación se le agregó un valor de sobre carga uniformemente distribuida de (qo), este de la misma manera debe multiplicarse por el coeficiente de empuje activo y por la altura de estudio, concluyendo la ecuación de la siguiente manera:

$$V = \left[\left(\frac{y_s * K_a * H^2}{2} \right) + q_o * K_a * H \right]$$

Donde:

V = fuerza de corte de diseño en la sección (kg/m)

γ_s = peso específico del suelo (kg/m³)

Ka = coeficiente del empuje activo de los suelos cuando $\beta > 0^\circ$.

H = altura de acción de fuerza medido desde la corona del talud (m)

qo = sobrecarga uniforme distribuida (ton/m²)

En el cálculo del momento flector es de suma importancia ya que con este se procede a encontrar el área de acero óptima para el diseño del muro de contención, es por eso que se procede a realizar la integral de la ecuación del corte actuante para encontrar la ecuación del momento flector que se utilizará, sumándole el valor del momento de la sobrecarga al igual que en el corte.

$$M_b = \left[\left(\frac{\gamma_s * K_a * H^3}{6} \right) + \left(\frac{q_o * K_a * H^2}{2} \right) \right]$$

Donde:

γ_s = peso específico del suelo (kg/m³)

Ka = coeficiente del empuje activo de los suelos $\beta > 0^\circ$.

H = altura de acción de fuerza medido desde la corona del talud (m)

qo = sobrecarga uniforme distribuida (ton/m²)

Mb = momento de volteo (kg-m)

2.1.9.2. Chequeos de volteo, deslizamiento y capacidad soporte en la base

- Volteo

Este factor de seguridad se obtiene realizando sumatoria de momentos relacionado a un punto en la base que comúnmente se toma una punta de la zapata. Los momentos resultantes de la estructura se encontraron de acuerdo a la tabla XI. llamada “empujes”, donde se dividió el muro en áreas las cuales a cada una se les determinó el momento con su respectivo peso específico, todo respecto a un punto “O” como se muestra en la figura 6 “distribución geométrica”. Al final el resultado será la sumatoria de momentos resistentes dividido el momento actuante. Si este factor es mayor a 1,5 significará que si chequea contra el volteo. La ecuación es la siguiente:

$$Fsv = \frac{\sum Mr}{\sum Mact} = \frac{Mp + Mw}{Ma} > 1,5$$

- Deslizamiento

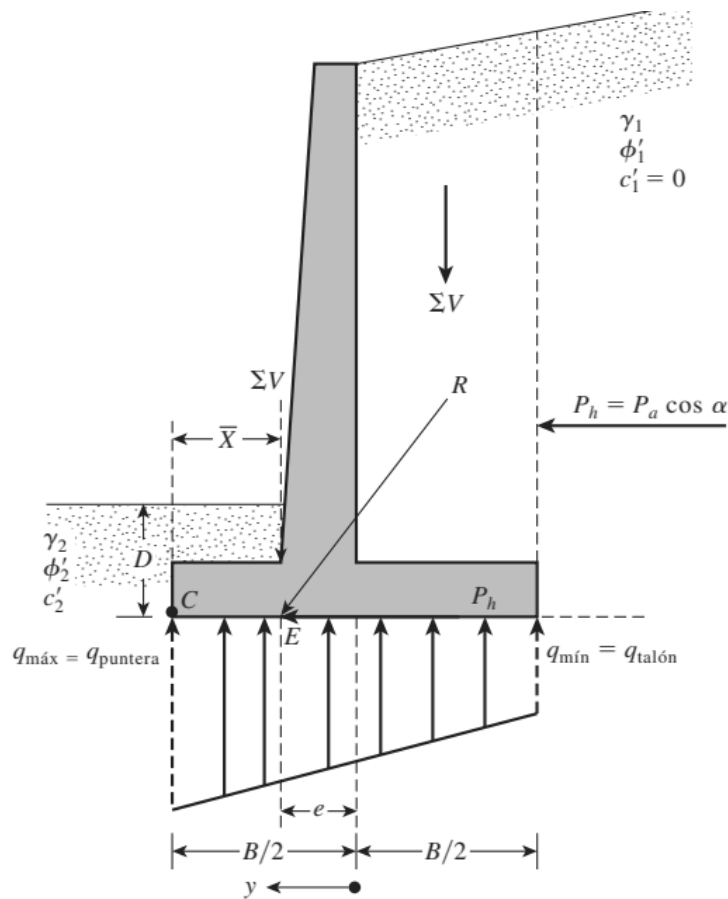
Este factor es de muy importancia ya que la mayoría de fallas de los muros de contención se da por esta causa. Este se calcula multiplicando la presión pasiva más el coeficiente de fricción del suelo y del concreto por la fuerza vertical resultante y se divide entre la fuerza horizontal total. Si este factor es mayor a 1,5 significará que, si chequea contra el deslizamiento, si el valor es menor a 1,5 hay una solución de agregarle un diente o dientes de sierra en la parte de debajo de la zapata. La ecuación es la siguiente:

$$Fsd = \frac{\sum Pr}{\sum Pact} = \frac{Pp + \mu * w}{Psv} > 1,5$$

- Capacidad soporte

La presión vertical transmitida al suelo por el muro de contención por medio de la zapata deber ser revisada contra la capacidad de carga última del suelo. La siguiente figura ilustra como son transmitidas las presiones verticales hacia el suelo:

Figura 6. **Revisión de la falla por capacidad soporte**



Fuente: DAS, Braja M. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. p. 388.

Se debe encontrar la carga máxima (q max), que será igual a la carga que tendrá el pie (q pie) y la carga mínima (q min) que será igual a la carga que tendrá el talón (q talón).

Luego se procede la distancia a partir del punto "O" donde actuarán las cargas, esta se encuentra mediante la siguiente ecuación:

$$a = \frac{\sum Mo}{W} = \frac{Mp + Mw - Ma}{W}$$

Donde:

Mp = momento pasivo (kg-m)

Ma= momento activo (kg-m)

Mw= momento de peso propio de muro (kg-m)

W= peso propio de muro (kg/m)

Cuando $3a > L$, significa que no existen presiones negativas, que se cumplirá que (q max=q pie, q min= q talón) y que las dimensiones de pie y talón tomadas del muro cumplen.

- Excentricidad

Luego se procede a encontrar la excentricidad "e" que es la distancia que existe desde el centro de la zapata a la fuerza resultante.

Donde:

e = excentricidad (m)

B = base de cimentación (m)

X = distancia del punto de referencia a donde actúan las fuerzas (m).

Utilizando los datos se obtiene:

$$e = \frac{B}{2} - x$$

- Qmax, Qmin

Ya teniendo datos de excentricidad se procede a encontrar la carga máxima y carga mínima de la base del muro de contención, por medio de la siguiente ecuación:

$$q = \frac{W}{L} * \left(1 \pm \frac{6 * e}{L} \right)$$

Donde:

q = carga distribuida (kg/m²)

W = peso propio de muro de contención (kg/m)

e = excentricidad (m)

Este dará dos valores una carga máxima (q max), y una carga mínima (q min). Para que estos sean aceptables, la carga máxima debe ser mayor al valor soporte del suelo (q max < Vs), y carga mínima debe ser mayor a 0 (q min > 0).

2.1.10. Tipo de mortero

Los morteros son los encargados de la unión de piezas de mampostería, resultan de la mezcla de arena, agua y algún material cementante (cemento, cal

o cemento de albañilería). La clasificación de morteros se realiza de acuerdo a propiedades específicas de resistencia a compresión, esto va variar de acuerdo a los materiales utilizados. La norma ASTM C-270, también en normas guatemaltecas como la COGUANOR NTG 41050 llamada “mortero de pega para unidades de mampostería. Especificaciones”, clasifica a los morteros de acuerdo a cuatro tipos M, S, N, O. Esta clasificación variará dependiendo de su resistencia a compresión, retención de agua y contenido de aire. A continuación, en tabla II. Las especificaciones de los morteros por propiedad.

Tabla II. **Especificación de los morteros por propiedad**

Mortero	Tipo	Resistencia Mínima promedio a compresión a 28 días kg/cm ² , (Mpa)	Retención mínima de agua (%)	Contenido máximo de aire (%)	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
Cemento-cal	M	176 (17.2)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	127 (12.4)	75	12	
	N	53 (5.2)	75	14	
	O	25 (2.4)	75	14	
Cemento de mampostería	M	176 (17.2)	75	18	
	S	127 (12.4)	75	18	
	N	53 (5.2)	75	18	
	O	25 (2.4)	75	18	

Fuente: Norma técnica guatemalteca, COGUANOR NTG 41050. Mortero de pega para unidades de mampostería. *Especificaciones*. p. 11.

A continuación, se describe el uso que se le da a los distintos tipos de mortero:

El tipo M es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros, se utiliza en mampostería reforzada que está sujeta a grandes cargas de compresión, vientos fuertes o temblores. Debido a su durabilidad, este tipo debe usarse en estructuras en contacto con el suelo como cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de agua servidas y pozos.

El tipo S alcanza la resistencia más alta a la adherencia comparándola con los demás morteros, también suele utilizarse para estructuras en contacto con el suelo como cimentaciones.

El tipo N es un mortero de uso general, utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel de suelo. Trabaja muy bien en paredes internas y divisorias. Este es un mortero de mediana resistencia, representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.

El tipo O es un mortero de baja resistencia y mucha cal, debe utilizarse en paredes que no soporten cargas. Es el más utilizado por la mano obrera de la construcción porque tiene buena trabajabilidad y bajo costo.

Tabla III. **Guía para la selección de morteros de mampostería**

Localización	Segmento constructivo	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior sobre el terreno	Paredes de carga	N	S o M
	Paredes sin carga	O	N o S
Exterior bajo el terreno	Muros de cimentación	S	M o N
	Muros de contención		
	Pozos, descargas de aguas negras		
Interior	Paredes de carga	N	S o M
	Divisiones sin carga	O	N

Fuente: Norma técnica guatemalteca, COGUANOR NTG 41050. Mortero de pega para unidades de mampostería. *Especificaciones*. p. 31.

Las propiedades del mortero que más influyen en el comportamiento estructural de la obra son la deformidad, deformabilidad y la adherencia de las piezas. Se tienen algunas recomendaciones:

- Su resistencia en compresión no será menor de 40 kg/cm²
- La relación volumétrica entre la arena y la suma de cementantes se encontrará entre 2,25 y 3.
- Se empleará la mínima cantidad de agua, que dé como resultado un mortero fácilmente manipulable.

Las propiedades en estado plástico más importantes son: trabajabilidad, retención de agua, velocidad de endurecimiento, contenido de aire y masa

unitaria. Las propiedades más importantes en estado endurecido son: retracción, adherencia, durabilidad, permeabilidad, eflorescencia y apariencia.

- Resistencia a la compresión del mortero ($f'p$)

Es una de las propiedades más importantes que se deben de conocer, se determina sometiendo a compresión muestras representativas. El esfuerzo resistente $f'p$ de cada pieza se obtiene dividiendo la fuerza máxima resistida entre el área bruta (el producto del ancho por el largo de la pieza) de la superficie donde se está aplicando la carga. Esto se establece mediante la siguiente ecuación:

$$f'p = \frac{\overrightarrow{f_p}}{1 + 2.5 C_p}$$

Donde:

$\overrightarrow{f_p}$ = Media de resistencia a compresión de las piezas.

C_p = Coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas. Este coeficiente no se tomará menor que 0,2 para piezas industrializadas que cuenten con un control de calidad certificado, 0,3 para piezas industrializadas que no cuenten con certificado o 0,35 para piezas artesanales.

Cálculo para nuestro proyecto:

$$f'p = \frac{66 \text{ kg/cm}^2}{1 + 2,5 (0,20)} = 44 \text{ kg/cm}^2$$

- Proporciones de los materiales para los morteros

Se debe medir los materiales por masa para las amasadas mezcladas en el laboratorio. Una forma de hacerlo es: convirtiendo las proporciones por volumen a proporciones por masa, usando un factor de amasada basado en la cantidad de arena en masa especificada para el mortero de pega. Considerando que la cantidad de arena para el mortero de laboratorio debe ser de 1 440 g, el factor de amasada, es igual a:

- Factor de amasada = $1\ 440 / (\text{masa unitaria de la arena} \times \text{proporción en volumen})$.

La masa para cada uno de los materiales, se determina así:

- Masa del material = proporción por volumen del material x masa unitaria x factor de amasada.

Se utilizará proporción 1:4 (cemento, arena) en el mortero.

- Factor de amasada = $1\ 440 / (1\ 282 \times 4) = 0,2808\ \text{gm}^3/\text{kg}$
- Masa de cemento de mampostería = $1 \times 1\ 121 \times 0,2808 = 314,78$
- Masa de la arena = $3 \times 1\ 282 \times 0,2808 = 1\ 079,96$

Tabla IV. **Proporciones de los materiales del mortero**

	Cemento para mampostería	Arena
Proporciones por volumen	1	4
Masa unitaria (kg/m ³)	1 121	1 282
Factor de amasada (gm ³ /kg)	0,2808	0,2808
Masa del material (g)	314,78	1 079,96

Fuente: elaboración propia

Se utilizará proporción 1:4 (cemento, arena), en nuestro mortero. Para un mortero tipo S, de 44 kg/cm² de resistencia a la compresión.

Referencia COGUANOR NTG 41050 llamada mortero de pega para unidades de mampostería. Especificaciones.

2.1.11. Datos necesarios para el diseño del muro

- $\gamma_s = 1\ 600\ \text{kg/m}^3$. Se determinó mediante el texto fundamentos de ingeniería de cimentaciones en su figura 2,37, gráfica para determinar la descripción del suelo y el peso específico, página 114.
- $\beta = 10^\circ$.
- $\Phi = 24,5^\circ$.
- $f'm = 66\ \text{kg/cm}^2$. Block Tipo "C", según Norma Técnica Guatemalteca (NTG 41054), "bloques huecos de concreto para muros. Especificaciones". Sección 5.1.1. Tabla 1.
- $V_s = 10,28\ \text{Ton/m}^2 =$ valor soporte del suelo. Valor se calcula y se compara en siguientes páginas por método Terzaghi y por parámetros según el tipo de suelo.
- $\gamma_m = 1\ 875\ \text{kg/m}^3$.
- $f_y = 2\ 812\ \text{kg/cm}^2$ (40 000 lb/pul²).
- $f'c = 281\ \text{kg/cm}^2$.
- $K_a = \cos(B) * \left(\frac{\cos(B) - \sqrt{\cos^2(B) - \cos^2(\Phi)}}{\cos(B) + \sqrt{\cos^2(B) - \cos^2(\Phi)}} \right) = 0,44 =$ coeficiente del empuje activo de los suelos cuando $\beta > 0^\circ$.

- $Kp = \cos(B) * \left(\frac{\cos(B) + \sqrt{\cos^2(B) - \cos^2(\Phi)}}{\cos(B) - \sqrt{\cos^2(B) - \cos^2(\Phi)}} \right) = 2,20 =$ coeficiente el empuje pasivo de los suelos cuando $\beta > 0^\circ$.
- $H_t = 4,00$ m. = altura total del muro de contención.
- $Q_0 = 1,6$ ton/m².
- $\mu = 0,45$.

Tabla V. **Datos de coeficiente de fricción del suelo**

Suelos granulares sin limo	0,55
Suelos granulares con limo	0,45
Limos	0,35
Roca sana con superficie rugosa	0,65

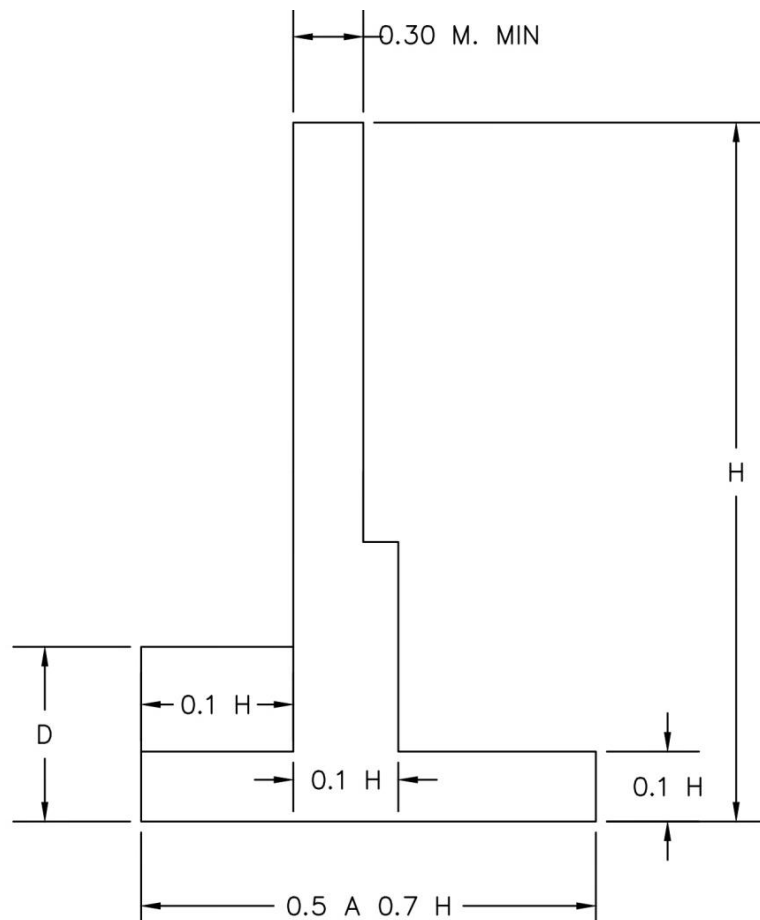
Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 189.

Nota: los datos citados con anterioridad en su mayoría fueron obtenidos de la interpretación de los ensayos de laboratorio de suelos los cuales fueron: límites de Atterberg, granulometría y compresión triaxial. Como también datos de resistencia de materiales y datos que serán útiles para el cálculo del predimensionamiento del muro. Hojas de resultados de estudios se adjuntan en área de apéndices de trabajo de graduación.

2.1.12. Criterios utilizados para el predimensionamiento del muro de contención

Debido a la topografía del terreno se decidió la altura total del muro de contención que es de 4 metros de alto, en la siguiente imagen se muestran los criterios utilizados para el predimensionamiento de un muro de contención en voladizo.

Figura 7. Detalle de criterios utilizados para dimensiones de muro



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.13. Cálculo de ensayo triaxial

- Dimensión de probeta = 2,5" de diámetro x 5" de altura
- Área de probeta = $\pi \cdot r^2 = 3,1416 \cdot 2,5^2 = 31,67 \text{ cm}^2$

Tabla VI. Resultados de ensayo de compresión triaxial en laboratorio

Presión de confinamiento σ^3 (Ton/m ²)	Lectura de deformación 0,001"	Lectura de carga "X"
5	0	0
	5	3
	10	12
	15	17
	20	21
	25	25
	50	40
	75	47
	100	50
	125	52
	150	56
	175	59
	200	59
10	225	65
	250	70
	275	72
	300	74
20	325	81
	350	88
	375	92
	400	95
	425	99
	450	103
	475	106
	500	110
	525	113
	550	115

Fuente: elaboración propia, con datos del ensayo triaxial CII.

- Lecturas de cargas (X_5, X_{10}, X_{20})

$$X_5 = 59$$

$$X_{10} = 74$$

$$X_{20} = 115$$

- Fuerza según lecturas de carga

$$F = 1,47X - 8,34$$

$$F_{(X_5)} = 1,47 (59) - 8,54 = 79,39$$

$$F_{(X_{10})} = 1,47 (74) - 8,54 = 100,44$$

$$F_{(X_{20})} = 1,47 (115) - 8,54 = 160,71$$

- % de deformación

$$\epsilon_r = \frac{(\text{Lec. de deformación}) * 0,001''}{5''}$$

$$\epsilon_r (5) = \frac{200 * 0,001''}{5''} = 0,0400$$

$$\epsilon_r (10) = \frac{300 * 0,001''}{5''} = 0,0600$$

$$\epsilon_r (20) = \frac{550 * 0,001''}{5''} = 0,1100$$

- Factor K

$$K = \frac{1 * \epsilon_r}{A_0} * 10$$

Donde:

$A_0 = \text{Área inicial de probeta} = 31,67 \text{ cm}^2$.

$$K(5) = \frac{1 * 0,0400}{31,67 \text{ cm}^2} * 10 = 0,3031$$

$$K(10) = \frac{1 * 0,0600}{31,67 \text{ cm}^2} * 10 = 0,2968$$

$$K(20) = \frac{1 * 0,1100}{31,67 \text{ cm}^2} * 10 = 0,2810$$

- Desviador en rotura q (T/m²)

$$q = \sigma = F * K$$

$$q(5) = 78,39 * 0,3031 = 23,91 \text{ T/m}^2$$

$$q(10) = 100,44 * 0,2968 = 29,83 \text{ T/m}^2$$

$$q(20) = 160,71 * 0,2810 = 45,16 \text{ T/m}^2$$

Nota: corroborando con los datos obtenidos de ensayos del centro de investigaciones de ingeniería (CII), realizando demostración del procedimiento se concluye en esfuerzos de desviadores de rotura iguales.

2.1.14. Cálculo de valor soporte del suelo

El valor soporte del suelo se determinó por medio de dos maneras, la primera por las tablas típicas de distintos tipos de suelo mostrada en tabla VII. Y la segunda mediante el método de Terzaghi obtenidos gracias a los datos del ensayo triaxial no consolidado y no drenado.

Tabla VII. Valor soporte permisible, según el tipo de suelo

Material del suelo	t/m ²	Observaciones
Roca sana no intemperizada.	645	Hay estructura de grietas
Roca regular.	430	
Roca intermedia.	215	
Roca agrietada o porosa.	22-86	
Suelos gravillosos.	107	Compactados, buena granulometría.
Suelos gravillosos.	64	Flojos, mala granulometría.
Suelos gravillosos.	43	Flojos, con mucha arena.
Suelos arenosos.	32-64	Densos.
Arena fina.	22-43	Densa.
Suelos arcillosos.	53	Duros.
Suelos arcillosos.	22	Solidez mediana
Suelos limosos.	32	Densos.
Suelos limosos.	12-16	Densidad mediana.

Fuente: GIRÓN PEREZ, Selvin Josué, *Diseño de la edificación de dos niveles para mercado municipal en la cabecera municipal y edificio escolar de dos niveles para aldea Tawayni, municipio de La Unión, departamento de Zacapa*. p. 10.

Para la segunda forma de determinar el valor soporte del suelo limo con presencia de arena se necesitan saber los resultados obtenidos en los ensayos del laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería como también conocer la cohesión, el desplante, la longitud de la base y largo de la cimentación.

Tabla VIII. **Datos del ensayo triaxial no consolidado y no drenado**

Probeta No.	1	2	3
Presión lateral (T/m^2)	5	10	20
Desviador en rotura $q(T/m^2)$	23,91	29,83	45,16
Presión intersticial $u(T/m^2)$	x	x	x
Deformación en rotura E_r (%)	3,5	6	11
Densidad seca (T/m^3)	1,34	1,34	1,34
Densidad húmeda (T/m^3)	1,61	1,61	1,61
Humedad (%H)	20,11	20,11	20,11
Ángulo de fricción interna	$\Phi = 24,5^\circ$		
Cohesión (C_u)	$C_u = 5,41 \text{ ton}/m^2$		

Fuente: elaboración propia, con datos del ensayo triaxial CII.

Datos para encontrar el valor soporte del suelo por método de Terzaghi:

- Ángulo de fricción interna (Φ) = $24,5^\circ$
- Cohesión (C_u) = $5,41 \text{ ton}/m^2$
- Base (B) = 2,60 m
- Largo (L) = 6,80 m
- Peso específico del suelo (γ_s) = $1,6 \text{ t}/m^3$
- Desplante (Df) = 1,00 m
- Descripción del suelo = Limo arenoso color café oscuro de consistencia dura.

Nota: Por seguridad se aplicó un factor de 3 a los valores obtenidos de laboratorio.

- Factores de profundidad.

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

$$d_c = 1 + 0,2 \cdot (1 \text{ m}/2,6 \text{ m}) \cdot \tan(45 + 8,17^\circ/2) = 1,09$$

$$d_q = d_y = 1 + 0,1 \cdot (D_f/B) \cdot \tan(45 + \emptyset/2)$$

$$d_q = d_y = 1 + 0,1 \cdot (1 \text{ m}/2,6 \text{ m}) \cdot \tan(45 + 8,17^\circ/2) = 1,04$$

- Factores de forma.

$$S_c = 1 + 0,2 \cdot (B/L) \cdot \tan^2(45 + \emptyset/2)$$

$$S_c = 1 + 0,2 \cdot (2,6 \text{ m}/6,8 \text{ m}) \cdot \tan^2(45 + 8,17^\circ/2) = 1,10$$

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

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0,1 \cdot (2,6 \text{ m}/6,8 \text{ m}) \cdot \tan^2(45 + 8,17^\circ/2) = 1,05$$

- Factores de capacidad de carga.

$$N_q = e^{\pi \tan \emptyset} \left(\frac{1 + \sin \emptyset}{1 - \sin \emptyset} \right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan 8,17^\circ} \left(\frac{1 + \sin 8,17^\circ}{1 - \sin 8,17^\circ} \right) = 2,09$$

$$N_c = (N_q - 1) (\cot \emptyset)$$

$$N_c = (2,09 - 1) (\cot 8,17^\circ) = 7,59$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_q - 1) (\tan \emptyset)$$

$$N_\gamma = 1,5 (2,09 - 1) (\tan 8,17^\circ) = 0,23$$

$$q_0 = D_f \cdot \gamma_s^1 = 1,00 \text{ m} \cdot 1,60 \text{ t/m}^3 = 1,60 \text{ t/m}^2$$

$$q = C \cdot N_c \cdot d_c \cdot S_c + q_0 \cdot N_q \cdot d_q \cdot S_q + \frac{1}{2} B \cdot \gamma_s \cdot N_\gamma \cdot d_\gamma \cdot S_\gamma$$

$$q = 1,80 \cdot 7,59 \cdot 1,09 \cdot 1,10 + 1,60 \cdot 2,09 \cdot 1,04 \cdot 1,05 + \frac{1}{2} \cdot 2,6 \cdot 1,60 \cdot 0,23 \cdot 1,04 \cdot 1,05$$

$$q = 20,55 \text{ t/m}^2$$

- Factor de seguridad = 2

$$q = 20,55 \text{ t/m}^2 / 2 = 10,28 \text{ t/m}^2$$

Según la tabla VII, en la que se indican los parámetros normales de valor soporte permisible del suelo limoso con densidad mediana es de [12-16] t/m², el dato dado mediante ecuaciones se abaja del rango por lo cual se usará la cantidad más crítica que será la de 10,28 t/m².

Debido a que el valor soporte encontrado es muy bajo para los requerimientos de este tipo de proyectos se propone la utilización de geomallas uniaxiales, y su función es brindar la cantidad de valor soporte faltante al suelo donde se colocará la cimentación por medio del esfuerzo de una membrana a tensión, por lo cual esta debe estar bien anclada tanto al suelo como a la cimentación para que cumpla con sus especificaciones requeridas, esta base también debe contar con buena compactación.

La geomalla será uniaxial con refuerzo a cada 40 centímetros, como se especifica en plano de planta y elevación en el área de apéndices de este trabajo de graduación.

2.1.15. Diseño de la cortina

A continuación, se describe los ensayos a realizar en el diseño de la cortina de un muro de contención de mampostería reforzada.

2.1.15.1. Predimensionamiento

Se asumirá una zapata de 2,60 m. de base (0,87 m. de pie, 1,13 m. de talón y 0,40 m. de peralte); 2 tramos de 1,00 x 0,40 m de levantado de block (colocado de punta y soga) y 1 tramo de 1,00 x 0,60 m de levantado de block (colocado de punta y soga); llevará a su vez armado de pines y soleras como se muestra en planos.

2.1.15.2. Determinación del corte actuante en la base de la cortina

$$V = \left[\left(\frac{\gamma_s \cdot K_a \cdot H^2}{2} \right) + q_o \cdot K_a \cdot H \right]$$

Donde:

V = fuerza de corte de diseño en la sección (kg/m)

γ_s = peso específico del suelo (kg/m³)

K_a = coeficiente del empuje activo de los suelos cuando $\beta > 0^\circ$.

H = altura de acción de fuerza medido desde la corona del talud (m)

q_o = sobrecarga uniforme distribuida (ton/m²)

Utilizando los datos se obtiene:

$$V = \left[\left(\frac{1\,600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,44 * (3,6 \text{ m})^2}{2} \right) + 1,6 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 0,44 * 3,6 \text{ m} \right]$$

$$= 7\,096,32 \text{ kg/m}$$

2.1.15.3. Chequeo de corte actuante y corte resistente

Ancho= 60 cm

d= 55 cm

b= 100 cm

Se determinará si la mampostería resistirá el esfuerzo de corte actuante.

Donde:

V = fuerza de corte de diseño en la sección (kg/m)

b = ancho unitario del elemento (cm)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

d = ancho efectivo (cm)

Va = esfuerzo de cortante actuante (kg/cm²)

Vm = esfuerzo permisible de corte en la mampostería (kg/cm²)

Utilizando los datos se obtiene:

$$\text{Utilizando: } j = 1 - ka/3^2$$

$$j = 1 - 0,44/3 = 0,85$$

$$V_a = \frac{V}{b_j d}$$

$$V_a = \frac{7\,096,32 \text{ kg/m}}{100 \text{ cm} * 0,85 * 55 \text{ cm}} = 1,52 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_m = 0,4 * \sqrt{f'_m}$$

$$V_m = 0,4 * \sqrt{66 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 3,25 \text{ kg/cm}^2$$

Se procede a verificar que cumpla con el esfuerzo de corte permisible en la mampostería mediante la condición de corte actuante (V_a) menor que el corte permisible de la mampostería (V_m).

$$V_m > V_a \text{ OK}$$

$$3,25 \text{ kg/cm}^2 > 1,52 \text{ kg/cm}^2$$

La mampostería resiste el corte actuante.

2.1.15.4. Determinación del momento flector en la base

$$M_b = \left[\left(\frac{\gamma_s \cdot K_a \cdot H^3}{6} \right) + \left(\frac{q_o \cdot K_a \cdot H^2}{2} \right) \right]$$

Donde:

γ_s = peso específico del suelo (kg/m^3)

K_a = coeficiente del empuje activo de los suelos $\beta > 0^\circ$.

H = altura de acción de fuerza medido desde la corona del talud (m)

q_o = sobrecarga uniforme distribuida (ton/m^2)

M_b = momento de volteo (kg-m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$M_b = \left[\left(\frac{1\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,44 \cdot (3,6 \text{ m})^3}{6} \right) + \left(\frac{1,6 \text{ ton/m}^2 \cdot 0,44 \cdot (3,6 \text{ m})^2}{2} \right) \right]$$
$$= 10\,036,22 \text{ Kg-m}$$

2.1.15.5. Determinación del acero de refuerzo principal (cortina)

Con el momento flector en la base, se puede determinar el área de acero (por medio) necesaria para resistirlo (en la base).

$$A_{sc} = \left[\left(\frac{M_b}{f_s \cdot j \cdot d} \right) \cdot 100 \right]$$

Donde:

Asc = área de acero (cm²)

Mb = momento de volteo (kg-m)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

fs = esfuerzo permisible del acero (kg/cm²) = 0,5fy

d = ancho efectivo (cm)

Utilizando los datos se obtiene:

$$Asc = \left[\left(\frac{10\,036,22 \text{ Kg-m}}{0,5 * 2\,812 \text{ kg/cm}^2 * 0,85 * 55 \text{ cm}} \right) * 100 \right] = 15,27 \text{ cm}^2$$

Con Asc, se puede determinar la cantidad de varillas, el número de las mismas y la separación a la que se encontrará. Es de suma importancia buscar una solución que permita tener el refuerzo cada 20 cm o múltiplos de éste, que es el ancho nominal del block que se está utilizando.

Se separará la cortina en tramos de un metro (de arriba para abajo), para determinar un armado dividido en tres partes (3 metros).

Para la parte más baja, se obtendrán los siguientes resultados:

Con Asc = 15,27 cm², se colocarán:

1 No. 4 + 1 No. 5 @ 20 cm

Para la parte más alta y la parte media, se necesitará la fórmula de momento resistente, la cual es la siguiente:

$$Mr = \left[\left(\frac{Asc * fs * j * d}{100} \right) \right]$$

Donde:

A_{scm} = área de acero real (cm^2)

f_s = esfuerzo permisible del acero (kg/cm^2) = $0,5f_y$

M_r = momento resistente ($kg-m$)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

d = ancho efectivo (cm)

Utilizando los datos se obtiene:

$$M_r = \left[\left(\frac{16,25 \text{ cm}^2 * 0,5 * 2\ 812 \frac{kg}{cm^2} * 0,85 * 55 \text{ cm}}{100} \right) \right] = 10\ 681,21 \text{ kg} - m$$

Lo que se necesita saber es hasta que profundidad el fuerza asumido resiste, y se cumpla la condición de $M_r > M_b$.

$M_r > M_b$ OK

$$10\ 681,21 \text{ kg} - m > 10\ 036,22 \text{ kg} - m$$

El área de acero resiste el momento de volteo.

Para profundidad de $H= 1,20$ m. medido desde la corona del talud para cálculo de primer tramo, se obtienen los siguientes datos:

Tabla IX. **Datos necesarios para cálculo de primer tramo de cortina**

Ancho	40	cm
d	35	cm
j	0,85	
γs	1 600	Kg/cm ³
H	1,20	m
b	100	cm

Fuente: elaboración propia.

$$V = \left[\left(\frac{\gamma_s \cdot K_a \cdot H^2}{2} \right) + q_0 \cdot K_a \cdot H \right]$$

Donde:

V = fuerza de corte de diseño en la sección (kg/m)

b = ancho unitario del elemento (cm)

d = ancho efectivo (cm)

Ka = coeficiente del empuje activo de los suelos β > 0°.

H = altura de acción de fuerza medida desde corona de talud (m)

q₀ = sobrecarga uniforme distribuida (ton/m²)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

Utilizando los datos se obtiene:

$$V = \left[\left(\frac{1\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,44 \cdot (1,20 \text{ m})^2}{2} \right) + 1,6 \text{ ton/m}^2 \cdot 0,44 \cdot 1,20 \text{ m} \right]$$

$$= 1\,351,68 \text{ Kg/m}$$

Se procede a verificar el esfuerzo de corte actuante:

Donde:

V = fuerza de corte de diseño en la sección (kg/m)

b = ancho unitario del elemento (cm)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

d = ancho efectivo (cm)

b = ancho unitario del elemento (cm)

Va = esfuerzo de cortante actuante (kg/cm²)

Vm = esfuerzo permisible de corte en la mampostería (kg/cm²)

Utilizando los datos se obtiene:

$$Va = \frac{V}{bjd}$$

$$Va = \frac{1\,351,68 \text{ kg/m}}{100 \text{ cm} * 0,85 * 35 \text{ cm}} = 0,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$Vm = 0,4 * \sqrt{f' m}$$

$$Vm = 0,4 * \sqrt{66 \text{ kg/cm}^2} = 3,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$Vm > Va \text{ OK}$$

$$3,25 \text{ kg/cm}^2 > 0,45 \text{ kg/cm}^2$$

La mampostería resiste el corte actuante.

$$Mb = \left[\left(\frac{y_s * Ka * H^3}{6} \right) + \left(\frac{q_o * Ka * H^2}{2} \right) \right]$$

Donde:

γ_s = peso específico del suelo (kg/m^3)

K_a = coeficiente del empuje activo de los suelos $\beta > 0^\circ$.

H = altura de acción de fuerza medida desde la corona (m)

q_0 = sobrecarga uniforme distribuida (ton/m^2)

M_b = momento de volteo (kg-m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$M_b = \left[\left(\frac{1\,600\text{ kg/m}^3 \cdot 0,44 \cdot (1,20\text{ m})^3}{6} \right) + \left(\frac{1,6\text{ ton/m}^2 \cdot 0,44 \cdot (1,20\text{ m})^2}{2} \right) \right] =$$

709,63 Kg-m

$$A_{sc} = \left[\left(\frac{M_b}{f_s \cdot j \cdot d} \right) \cdot 100 \right]$$

Donde:

A_{sc} = área de acero (cm^2)

M_b = momento de volteo (kg-m)

f_s = esfuerzo permisible del acero (kg/cm^2) = $0,5f_y$

d = ancho efectivo (cm)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

Utilizando los datos se obtiene:

$$A_{sc} = \left[\left(\frac{709,63 \text{ kg-m}}{0,5 * 2 812 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0,85 * 35 \text{ cm}} \right) * 100 \right] = 1,70 \text{ cm}^2$$

Con el siguiente armado se colocarán:

1 No. 5 @ 80 cm

$$M_r = \left[\left(\frac{A_{scm} * f_s * j * d}{100} \right) \right]$$

Donde:

A_{scm} = área de acero real (cm^2)

f_s = esfuerzo permisible del acero (kg/cm^2) = $0,5f_y$

M_r = momento resistente (kg-m)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

d = ancho efectivo (cm)

Utilizando los datos se obtiene:

$$M_r = \left[\left(\frac{1,98 \text{ cm}^2 * 0,5 * 2 812 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0,85 * 35 \text{ cm}}{100} \right) \right] = 828,20 \text{ kg} - \text{m}$$

$M_r > M_b$ OK

$$828,20 \text{ kg} - \text{m} > 709,63 \text{ kg} - \text{m}$$

El área de acero resiste el momento de volteo.

Para profundidad de H= 2,40 m. medido desde la corona del talud para cálculo de segundo tramo, se obtienen los siguientes datos:

Tabla X. **Datos necesarios para el cálculo del segundo tramo de cortina**

t	40	cm
Ancho	35	cm
j	0,85	
γs	1 600	Kg/cm ³
H	2,40	m
b	100	cm

Fuente: elaboración propia.

$$V = \left[\left(\frac{\gamma_s \cdot K_a \cdot H^2}{2} \right) + q_0 \cdot K_a \cdot H \right]$$

Donde:

V = fuerza de corte de diseño en la sección (kg/m)

γs = peso específico del suelo (kg/m³)

b = ancho unitario del elemento (cm)

d = ancho efectivo (cm)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

Ka = coeficiente del empuje activo de los suelos β > 0°.

H = altura de acción de fuerza medida desde la corona (m)

qo = sobrecarga uniforme distribuida (ton/m²)

Utilizando los datos se obtiene:

$$V = \left[\left(\frac{1\,600 \text{ kg/m}^3 * 0,44 * (2,4 \text{ m})^2}{2} \right) + 1,6 \text{ ton/m}^2 * 0,44 * 2,4 \text{ m} \right] = 3\,717,12 \text{ kg/m}$$

Se procede a verificar el esfuerzo de corte:

Donde:

V = fuerza de corte de diseño en la sección (kg/m)

b = ancho unitario del elemento (cm)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

d = peralte efectivo (cm)

Va = esfuerzo de cortante actuante (kg/cm²)

Vm = esfuerzo permisible de corte en la mampostería (kg/cm²)

Utilizando los datos se obtiene:

$$V_a = \frac{V}{bjd}$$

$$V_a = \frac{3\,717,12 \text{ kg/m}}{100 \text{ cm} * 0,85 * 35 \text{ cm}} = 1,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_m = 0,4 * \sqrt{f' m}$$

$$V_m = 0,4 * \sqrt{66 \text{ kg/cm}^2} = 3,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_m > V_a \text{ OK}$$

$$3,25 \text{ kg/cm}^2 > 1,25 \text{ kg/cm}^2$$

La mampostería resiste el corte actuante.

$$M_b = \left[\left(\frac{\gamma_s \cdot K_a \cdot H^3}{6} \right) + \left(\frac{q_0 \cdot K_a \cdot H^2}{2} \right) \right]$$

Se procede a verificar el esfuerzo de corte:

Donde:

γ_s = peso específico del suelo (kg/m^3)

q_0 = sobrecarga uniforme distribuida (ton/m^2)

K_a = coeficiente del empuje activo de los suelos $\beta > 0^\circ$.

H = altura de acción de fuerza medida desde la corona (m)

M_b = momento de volteo (kg-m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$M_b = \left[\left(\frac{1\,600 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,44 \cdot (2,4 \text{ m})^3}{6} \right) + \left(\frac{1,6 \text{ ton/m}^2 \cdot 0,44 \cdot (2,4 \text{ m})^2}{2} \right) \right] =$$

3 649,54 Kg-m

$$A_{sc} = \left[\left(\frac{M_b}{f_s \cdot j \cdot d} \right) \cdot 100 \right]$$

Donde:

A_{sc} = área de acero (cm^2)

M_b = momento de volteo (kg-m)

f_s = esfuerzo permisible del acero (kg/cm^2) = $0,5f_y$

d = peralte efectivo (cm)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

Utilizando los datos se obtiene:

$$A_{sc} = \left[\left(\frac{3\,649,54 \text{ kg-m}}{0,5 * 2\,812 \text{ kg}/\text{cm}^2 * 0,85 * 35 \text{ cm}} \right) * 100 \right] = 8,72 \text{ cm}^2$$

Con el siguiente armado se colocarán:

1 No. 5 + 1 No. 6 @ 40 cm

$$M_r = \left[\left(\frac{A_{scm} * f_s * j * d}{100} \right) \right]$$

Donde:

A_{scm} = área de acero real (cm^2)

f_s = factor de fricción (kg/cm^2) = $0,5f_y$

M_r = momento resistente (kg-m)

j = brazo entre las resultantes de tensión y de compresión

d = peralte efectivo (cm)

Utilizando los datos se obtiene:

$$M_r = \left[\left(\frac{9,66 \text{ cm}^2 * 0,5 * 2\,812 \text{ kg}/\text{cm}^2 * 0,85 * 35 \text{ cm}}{100} \right) \right] = 4\,040,63 \text{ kg-m}$$

$M_r > M_b$ OK

$$4\,040,63 \text{ kg} - m > 3\,649,54 \text{ kg} - m$$

El área de acero resiste el momento de volteo.

2.1.15.6. Determinación de acero por temperatura

Se determina por metro lineal de altura de la cortina; es el área de acero que se coloca en las soleras: una en la corona, y las otras dos intermedias.

Se utilizará la fórmula siguiente:

$$A_{sh} = 0,002 * b * d$$

Donde:

b = ancho unitario del elemento (cm)

d = peralte efectivo (cm)

Para las dos primeras soleras (a 0 y 1,20 metros de profundidad), se tiene que d= 35 cm, entonces:

$$A_{sh} = 0,002 * 100 \text{ cm} * 35 \text{ cm} = 7 \text{ cm}^2$$

Para la solera más profunda, se tiene que d= 55 cm, entonces:

$$A_{sh} = 0,002 * 100 \text{ cm} * 55 \text{ cm} = 11 \text{ cm}^2$$

2.1.15.7. Prediseño de cortina

Área de acero principal:

Para la primera parte (de arriba para abajo):

Colocar: 1 No. 5 @ 80 cm

Para la segunda parte (de arriba para abajo):

Colocar: 1 No. 5 + 1 No. 6 @ 40 cm

Para la tercera parte (de arriba para abajo):

Colocar: 1 No. 4 + 1 No. 5 @ 20 cm

Área de acero horizontal:

Para el primer metro (de arriba para abajo, en la corona):

Solera de 40 cm x 20 cm con 4 No. 5 + Estribos No. 2 @ 0,20 m.

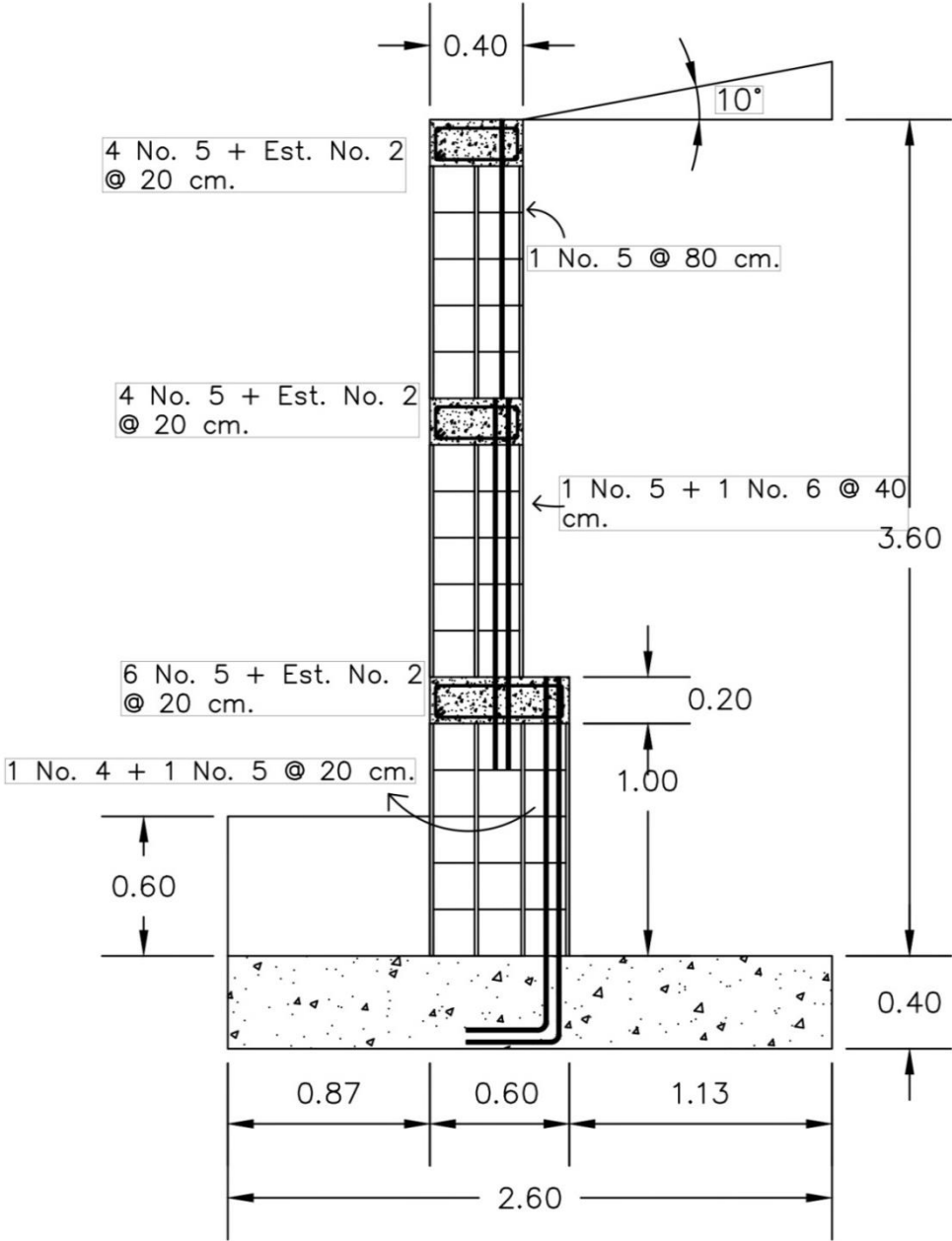
Para el segundo metro (de arriba para abajo, intermedia):

Solera de 40 cm x 20 cm con 4 No. 5 + Estribos No. 2 @ 0,20 m.

Para el tercer metro (de arriba para abajo, intermedia):

Solera de 60 cm x 20 cm con 6 No. 5 + Estribos No. 2 @ 0,20 m.

Figura 8. Detalle de armado de muro



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.16. Diseño de la base

A continuación, se describe los ensayos a realizar en el diseño de la base de un muro de contención de mampostería reforzada.

2.1.16.1. Prediseño del pie

Para prediseño, se asume que el pie tendrá 87 cm. de largo por 40 cm. de altura.

2.1.16.2. Prediseño del talón

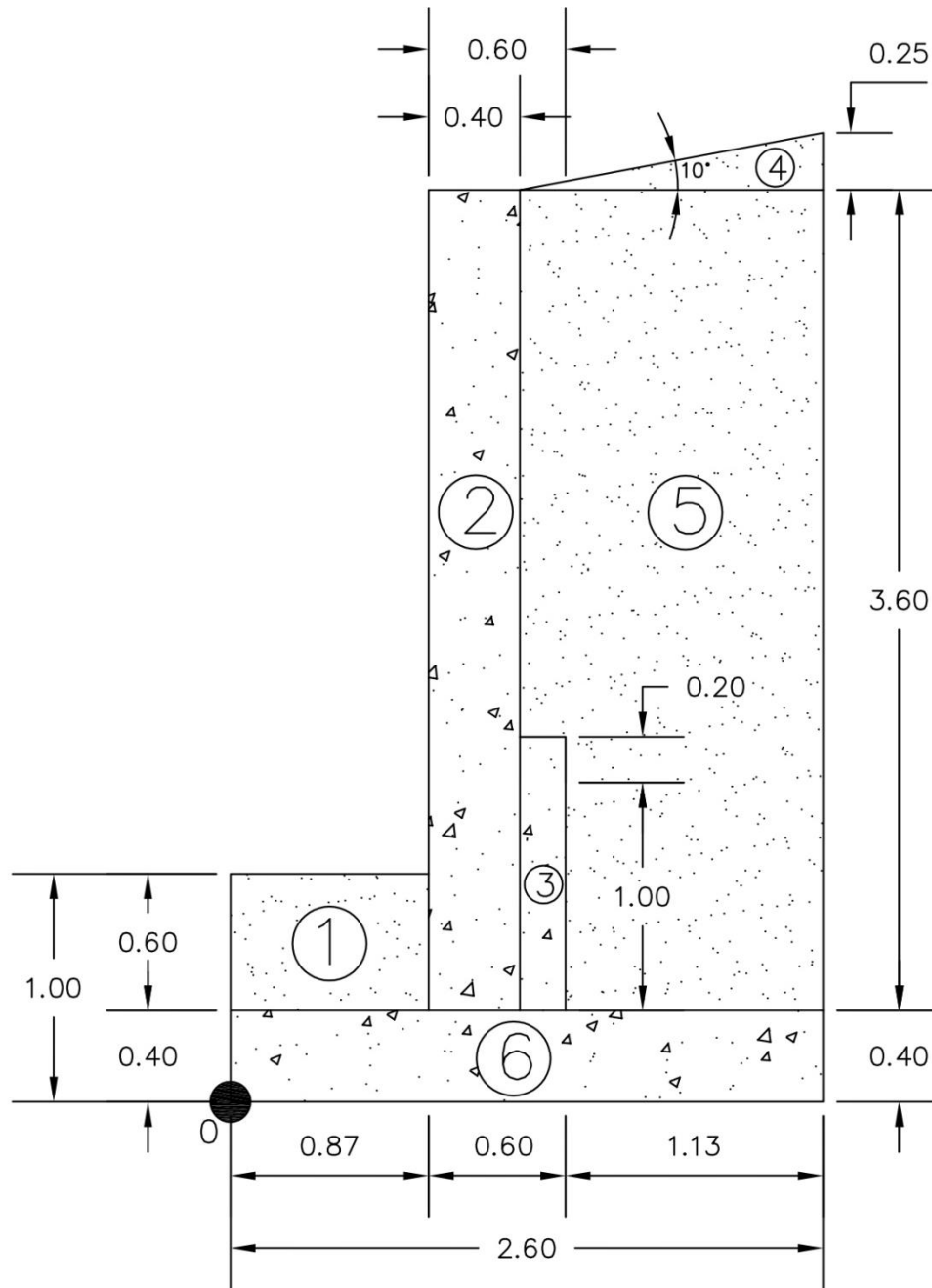
Para prediseño, se asume que el talón tendrá 113 cm. de largo por 40 cm. de altura.

2.1.16.3. Cálculo de empuje

Los números de la figura 9 describirán el tipo de material de los componentes del muro de contención, estos serán los siguientes:

- Sobrecarga de suelo del talud
- Cortina de concreto
- Cortina de concreto parte inferior
- Sobrecarga de suelo del talud
- Sobrecarga de suelo del talud
- Cimentación de concreto de muro de contención

Figura 9. **Distribución geométrica**



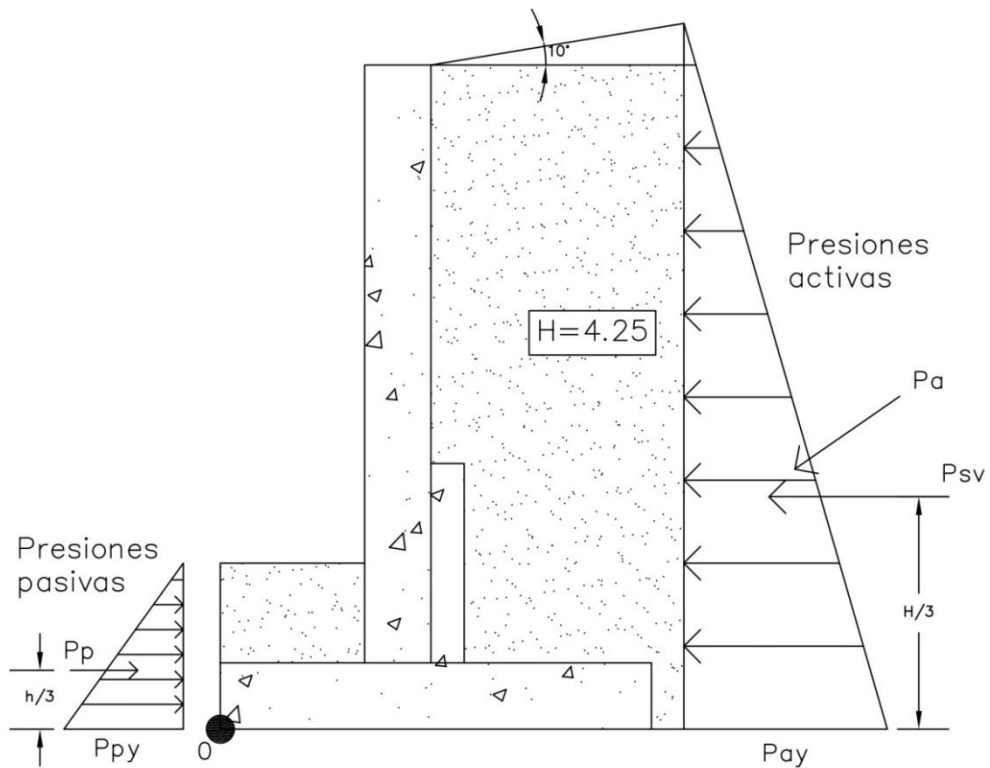
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Tabla XI. Empujes

Figura No.	Área (m ²)	y (kg/m ³)	W (kg/m)	Brazo (m)	Momento (Kg-m)
1	0,522	1 600	835,2	0,435	363,31
2	1,44	1 875	2 700	1,07	2 889
3	0,24	1 875	450	1,37	616,5
4	0,17	1 600	272	2,16	587,52
5	4,59	1 600	7 344	1,94	14 247,36
6	1,04	2 950	3 068	1,3	3 988,4
		Σ	14 669,2	Σ	22 692,09

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Se realizará cálculo de las distintas presiones que afectan al muro estas son las siguientes.

Donde:

P_p = presión pasiva (kg/m)

P_a = presión activa (kg/m)

P_{sv} = presión sobrecarga vertical (kg/m)

γ_s = peso específico (kg/m³)

K_a = coeficiente del empuje activo de los suelos

H = altura de acción de fuerza (m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$P_p = \frac{K_p * \gamma_s * h^2}{2}$$

$$P_p = \frac{2,20 * 1\,600 \frac{kg}{m^3} * (1\,m)^2}{2} = 1\,760 \frac{kg}{m}$$

$$P_a = \frac{K_a * \gamma_s * H^2}{2}$$

$$P_a = \frac{0,44 * 1\,600 \frac{kg}{m^3} * (4\,m)^2}{2} = 5\,632 \frac{kg}{m}$$

$$P_{sv} = P_a * \cos(\beta)$$

$$P_{sv} = 5\,632 \frac{kg}{m} * \cos(10^\circ) = 5\,546.44 \frac{kg}{m}$$

2.1.16.4. Cálculo de pesos y momentos del muro

Se determinó el peso y momento resultantes de la estructura (por metro de largo); a su vez, se realizarán los chequeos de volteo, deslizamiento y capacidad soporte. De acuerdo con distribución geométrica de la figura 9, se calcularán los momentos que se producen con respecto al punto "0".

El peso resultante es el resultado de la suma de la columna peso W (Kg), de la tabla anterior, dando como resultado 14 669,2 Kg/m.

El momento resultante es el resultado de la suma de la columna momento (Kg-m/m), de la tabla anterior, dando como resultado 22 692,09 Kg-m.

Donde:

M_p = momento pasivo (kg-m)

M_a = momento activo (kg-m)

H = altura de acción de fuerza (m)

h = altura de acción de fuerza (m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$M_p = \frac{P_p * h}{3} = \frac{1\,760 \frac{kg}{m} * 1\,m}{3} = 586,67 \text{ Kg} - m$$

$$M_a = \frac{P_{sv} * H}{3} = \frac{5\,546,44 \frac{kg}{m} * 4,25\,m}{3} = 7\,857,46 \text{ Kg} - m$$

A continuación, se realizarán los chequeos respectivos:

- Estabilidad de volteo

Donde:

Fsv = factor de volteo

Ma = momento activo (kg-m)

Mp = momento pasivo (kg-m)

Mw = momento de peso propio de muro (kg-m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$Fsv = \frac{\sum Mr}{\sum Mact} = \frac{Mp + Mw}{Ma}$$

$$Fsv = \frac{586,67 \text{ kg} - m + 22\,692,09 \text{ kg} - m}{7\,857,46 \text{ kg} - m} = 2,962$$

Fsv > 1,5, si chequea por volteo.

- Estabilidad por deslizamiento

Donde:

Fsd = factor de deslizamiento

Pp = presión pasiva (kg/m)

Psv = presión de sobrecarga vertical (kg/m)

μ = coeficiente de fricción del suelo

w = peso propio (kg/m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$Fsd = \frac{\sum Pr}{\sum Pact} = \frac{Pp + \mu * w}{Psv}$$

$$Fsd = \frac{1\,760 \frac{kg}{m} + 0,45 * 14\,669,2 \frac{kg}{m}}{5\,546,44 \frac{kg}{m}} = 1,51$$

$Fsd > 1,5$, si chequea por deslizamiento.

- Chequeo por capacidad soporte



$$a = \frac{\sum Mo}{W} = \frac{Mp + Mw - Ma}{W}$$

$$a = \frac{586,67 \frac{kg - m}{m} + 22\,692,09 \frac{kg - m}{m} - 7\,857,46 \frac{kg - m}{m}}{14\,669,2 \frac{kg}{m}}$$

$a = 1,05 \text{ m}$ desde el eje de volteo

$$3a = 3,15 \text{ m.}$$

$$3a > L$$

Como $3a > L$ no existen presiones negativas

- Excentricidad

Donde:

e = excentricidad (m)

B = base de cimentación (m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$e = \frac{B}{2} - x$$

$$e = \frac{2,6 \text{ m}}{2} - 1,05 = 0,25 \text{ m. Desde el centro del cimientto}$$

- Q_{\max} , Q_{\min}

Donde:

q = carga distribuida (kg/m^2)

W = peso propio de muro de contención (kg/m)

e = excentricidad (m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$q = \frac{W}{L} * \left(1 \pm \frac{6 * e}{L} \right)$$

$$q(+)= \frac{14\ 669,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}{2,6 \text{ m}} * \left(1 + \frac{6 * 0,25 \text{ m}}{2,6 \text{ m}} \right) = 8\ 897 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q(-) = \frac{14\,669,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}{2,6 \text{ m}} * \left(1 - \frac{6 * 0,25 \text{ m}}{2,6 \text{ m}}\right) = 2\,387 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$8\,897 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} < 10\,280 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q(+) < V_s \text{ OK}$$

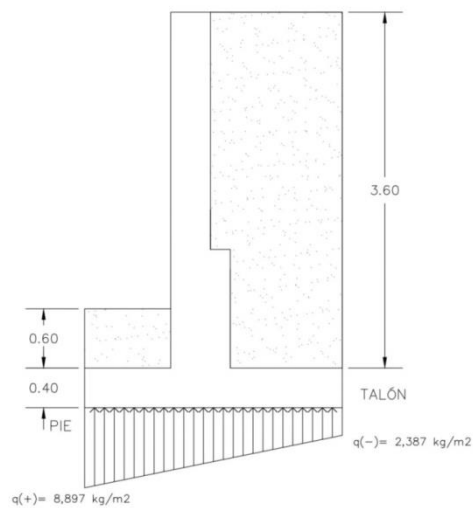
$$2\,387 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} > 0$$

$$q(-) > 0 \text{ OK}$$

2.1.16.5. Diseño del pie y talón

A continuación, se describe los ensayos a realizar en el diseño del pie y talón de un muro de contención de mampostería reforzada.

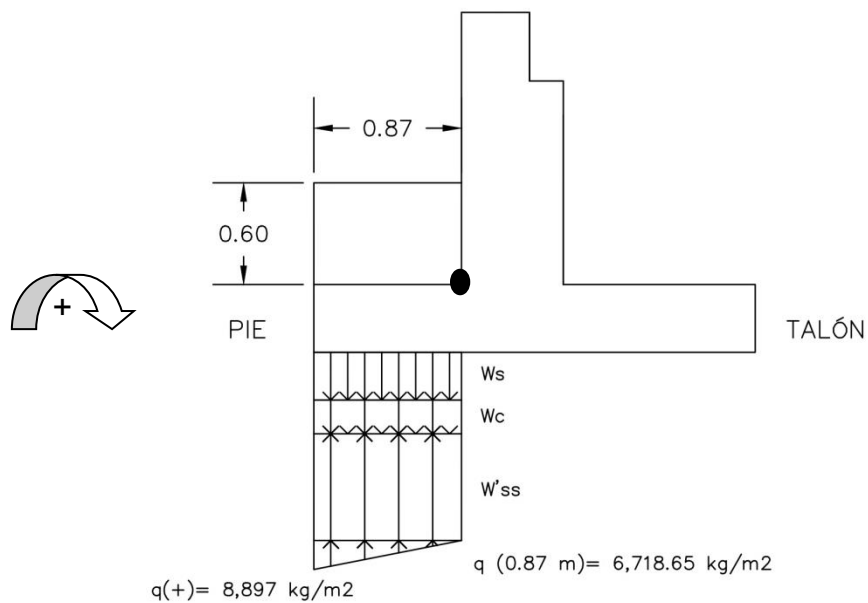
Figura 11. Diagrama de presiones en pie y talón



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Diseño del pie
- Cálculo de pendiente del diagrama de presiones

Figura 12. Diagrama de presiones en el pie



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

$$Pend. = 8\,897 \frac{kg}{m^2} - 2\,387 \frac{kg}{m^2} = 6\,510 \frac{kg}{m^2}$$

Por semejanza de triángulos se encontrará carga a 0,87 metros:

$$\frac{6\,510 \frac{kg}{m^2}}{2,6 \text{ m}} = \frac{X}{1,73 \text{ m}} = 4\,331,65 \frac{kg}{m^2}$$

Entonces q correspondiente en 0,87 metros será:

$$q = 4\,331,65 \frac{kg}{m^2} + 2\,387 \frac{kg}{m^2} = 6\,718,65 \frac{kg}{m^2}$$

Donde:

W_s = cortante actuante del suelo superior (kg/m)

$W'ss$ = corte actuante del suelo inferior (kg/m)

W_c = cortante actuante de la base (kg/m)

t = peralte (m)

γ_s = peso específico del suelo (kg/m³)

γ_c = peso específico del concreto (kg/m³)

Utilizando los datos se obtiene:

$$W_s = \gamma_s * t_{suelo} * L_{pie}$$

$$W_c = \gamma_c * t_{cimiento} * L_{pie}$$

$$\left. \begin{aligned} W_s &= 1\,600 \frac{kg}{m^3} * 0,60\,m * 0,87\,m = 835,2 \frac{kg}{m} \\ W_c &= 2\,950 \frac{kg}{m^3} * 0,40\,m * 0,87\,m = 1\,026,6 \frac{kg}{m} \end{aligned} \right\} 1\,861,8\,Kg/m$$

$$W'ss_{Rectangulo} = 6\,718,65 \frac{kg}{m^2} * 0,87\,m = 5\,845,23 \frac{Kg}{m}$$

$$W'ss_{Triángulo} = \frac{\left(8\,897 \frac{kg}{m^2} - 6\,718,65 \frac{kg}{m^2}\right) * 0,87\,m}{2} = 947,58 \frac{Kg}{m}$$

El corte actuante es vertical y hacia arriba por lo que la tensión se producirá en la parte inferior del pie, donde se deberá colocar el refuerzo.

$$d = t - rec - \left(\frac{\phi No.5}{2}\right) = 40 \text{ cm} - 7,5 \text{ cm} - (1,98/2 \text{ cm}) = 31,51 \text{ cm}$$

- El corte resistente será

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

$$VR = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 31,51 = 23\,795,58 \text{ Kg/m}$$

- El corte en el rostro del muro será

$$Vu = 1,7 \left[5\,845,23 \frac{kg}{m} + 947,58 \frac{kg}{m} - 1\,861,8 \frac{kg}{m} \right] = 8\,382,72 \frac{Kg}{m}$$

$$Vu < VR$$

$$8\,382,72 \frac{Kg}{m} < 23\,795,58 \frac{Kg}{m}$$

- Chequeo por flexión

$$M = 1,7 \left[5\,845,23 \frac{kg}{m} * \left(\frac{0,87 \text{ m}}{2}\right) + 947,58 \frac{kg}{m} * \frac{2}{3} * 0,87 \text{ m} - 1\,861,8 \frac{kg}{m} * \frac{0,87 \text{ m}}{2} \right]$$

$$= 3\,880,06 \text{ Kg} - m$$

Luego de encontrar el momento se procede a encontrar el área de acero

$$A_{sc} = \left[\left(\frac{M_b}{f_s * j * d} \right) * 100 \right]$$

Donde:

A_{sc} = área de acero (cm^2)

M_b = momento de volteo (kg-m)

f_s = factor de fricción (kg/cm^2) = $0,5f_y$

t = peralte (m)

d = peralte efectivo (cm)

Utilizando los datos se obtiene:

$$A_{sc} = \left[\left(\frac{3\,880,06 \text{ kg-m}}{0,5 * 2\,812 \text{ kg/cm}^2 * 0,85 * 31,51 \text{ cm}} \right) * 100 \right] = 10,30 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$\rho_{min} = \frac{14,1}{f_y}$$

$$A_{smin} = \frac{14,1 * b * d}{f_y} = \frac{14,1 * 100 \text{ cm} * 31,51 \text{ cm}}{2\,812 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 15,80 \text{ cm}^2$$

$A_{smin} > A_{sc} \therefore$ Se colocará A_{smin}

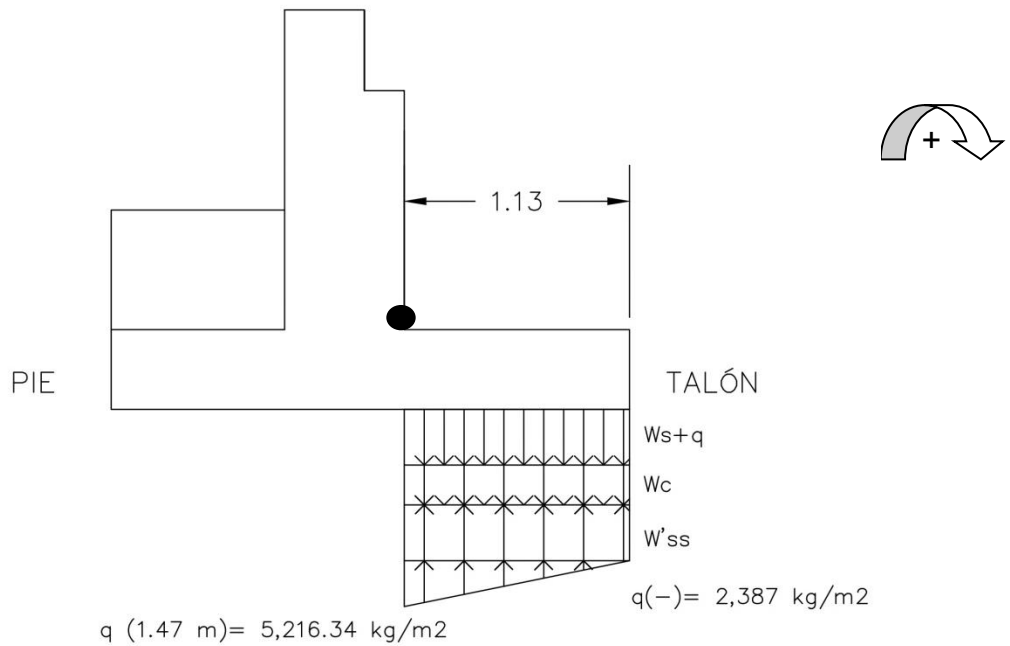
Se colocarán: 1 No. 5 @ 12.5 cm

$$A_{stemp} = 0,002 * b * d = 0,002 * 100 \text{ cm} * 31,51 \text{ cm} = 6,30 \text{ cm}^2$$

Se colocarán: 1 No. 4 @ 15 cm

- Diseño del talón
- Cálculo de pendiente del diagrama de presiones

Figura 13. **Diagrama de presiones del talón**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Por semejanza de triángulos se encontrará carga a 1,47 metros:

$$\frac{4\ 331,65\text{ kg/m}^2}{1,73\text{ m}} = \frac{X}{1,13\text{ m}} = 2\ 829,34\text{ kg/m}^2$$

Entonces q correspondiente en 1,47 metros será:

$$q = 2\,829,34 \frac{kg}{m^2} + 2\,387 \frac{kg}{m^2} = 5\,216,34 \frac{kg}{m^2}$$

Donde:

W_s = cortante actuante del suelo superior (kg/m)

W'_{ss} = corte actuante del suelo inferior (kg/m)

W_c = cortante actuante de la base (kg/m)

t = peralte (m)

γ_s = peso específico del suelo (kg/m^3)

γ_c = peso específico del concreto (kg/m^3)

q_o = sobrecarga distribuida del suelo (ton/m^2)

q = corte actuante de la sobrecarga del suelo (kg/m)

Utilizando los datos se obtiene:

$$W_s = \gamma_s * t_{suelo} * L_{pie}$$

$$W_c = \gamma_c * t_{cimiento} * L_{pie}$$

$$W_s = 1\,600 \frac{kg}{m^3} * 3,6\,m * 1,13\,m = 6\,508,8\,kg/m$$

$$W_c = 2\,950 \frac{kg}{m^3} * 0,40\,m * 1,13\,m = 1\,333,4\,kg/m$$

7 842,2 Kg/m

$$q = 1,6 \frac{ton}{m^2} * 1,13\,m = 1\,808 \frac{kg}{m}$$

$$W'_{ssRectangulo} = 2\,387 \frac{kg}{m^2} * 1,13\,m = 2\,697,31 \frac{Kg}{m}$$

$$W'ssTriángulo = \frac{\left(5\,216,34 \frac{kg}{m^2} - 2\,387 \frac{kg}{m^2}\right) * 1,13\,m}{2} = 1\,598,58 \frac{Kg}{m}$$

- Chequeo por corte

$$Vu = 1,7 [Ws + Wc + q - W'ss]$$

$$Vu = 1,7 \left[7\,842,2 \frac{kg}{m} + 1\,808 \frac{kg}{m} - 2\,697,31 \frac{kg}{m} - 1\,598,58 \frac{kg}{m} \right]$$

$$= 9\,102,33 \frac{kg}{m}$$

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

$$VR = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281 \frac{kg}{cm^2}} * 100\,cm * 31,51\,cm = 23\,795,58 \frac{Kg}{m}$$

$$Vu < VR$$

$$9\,102,33 \frac{Kg}{m} < 23\,795,58 \frac{Kg}{m}$$

- Chequeo por flexión

$$M = 1,7 \left[7\,842,2 \frac{kg}{m} * \left(\frac{1,13\,m}{2} \right) + 1\,808 \frac{kg}{m} * \left(\frac{1,13\,m}{2} \right) - 1\,598,58 \frac{kg}{m} * \frac{1}{3} * 1,13\,m \right. \\ \left. - 2\,697,31 \frac{kg}{m} * \frac{1,13\,m}{2} \right]$$

$$= 5\,654,63\,Kg - m$$

Luego de encontrar el momento se procede a encontrar el área de acero.

$$Asc = \left[\left(\frac{Mb}{fs * j * d} \right) * 100 \right]$$

Donde:

Asc = área de acero (cm²)

Mb = momento de volteo (kg-m/m)

fs = factor de fricción (kg/cm²) = 0,5fy

d = peralte efectivo (cm)

Utilizando los datos se obtiene:

$$Asc = \left[\left(\frac{5\,654,63\,kg-m}{0,5 * 2\,812\,kg/cm^2 * 0,85 * 31,51\,cm} \right) * 100 \right] = 15,02\,cm^2$$

$$Asmin = \rho_{min} * b * d$$

$$\rho_{min} = \frac{14,1}{fy}$$

$$A_{smin} = \frac{14,1 * b * d}{f_y} = \frac{14,1 * 100 \text{ cm} * 31,51 \text{ cm}}{2812 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 15,80 \text{ cm}^2$$

$A_{smin} > A_{sc} \therefore$ Se colocará A_{smin}

Se colocarán: 1 No. 5 @ 12.5 cm

$$A_{stemp} = 0,002 * b * d = 0,002 * 100 \text{ cm} * 31,96 \text{ cm} = 6,39 \text{ cm}^2$$

Se colocarán: 1 No. 4 @ 15 cm corridos.

2.1.16.6. Resultados finales

Los resultados obtenidos en el diseño de zapata (pie, talón), son los siguientes:

- Diseño del pie

Armado principal: 1 No. 5 @ 12 cm

Armado por temperatura: 1 No. 4 @ 15 cm corridos

- Diseño del talón

Armado principal: 1 No. 5 @ 12 cm

Armado por temperatura: 1 No. 4 @ 15 cm corridos

2.1.17. Diseño final

A continuación, se describen tablas resúmenes del armado principal y horizontal que llevará cada elemento estructural del muro de contención de mampostería reforzada.

Tabla XII. **Diseño final cortina**

CORTINA		
	Acero principal	Acero horizontal
1ra. Parte	1 No. 5 @ 80 cm	Solera (40 x 20) cm, 4 No. 5 + estribos No. 2 @ 20 cm
2da. Parte	1 No. 5 + 1 No. 6 @ 40 cm	Solera (40 x 20) cm, 4 No. 5 + estribos No. 2 @ 20 cm
3ra. Parte	1 No. 4 + 1 No. 5 @ 20 cm	Solera (60 x 20) cm, 6 No. 5 + estribos No. 2 @ 20 cm

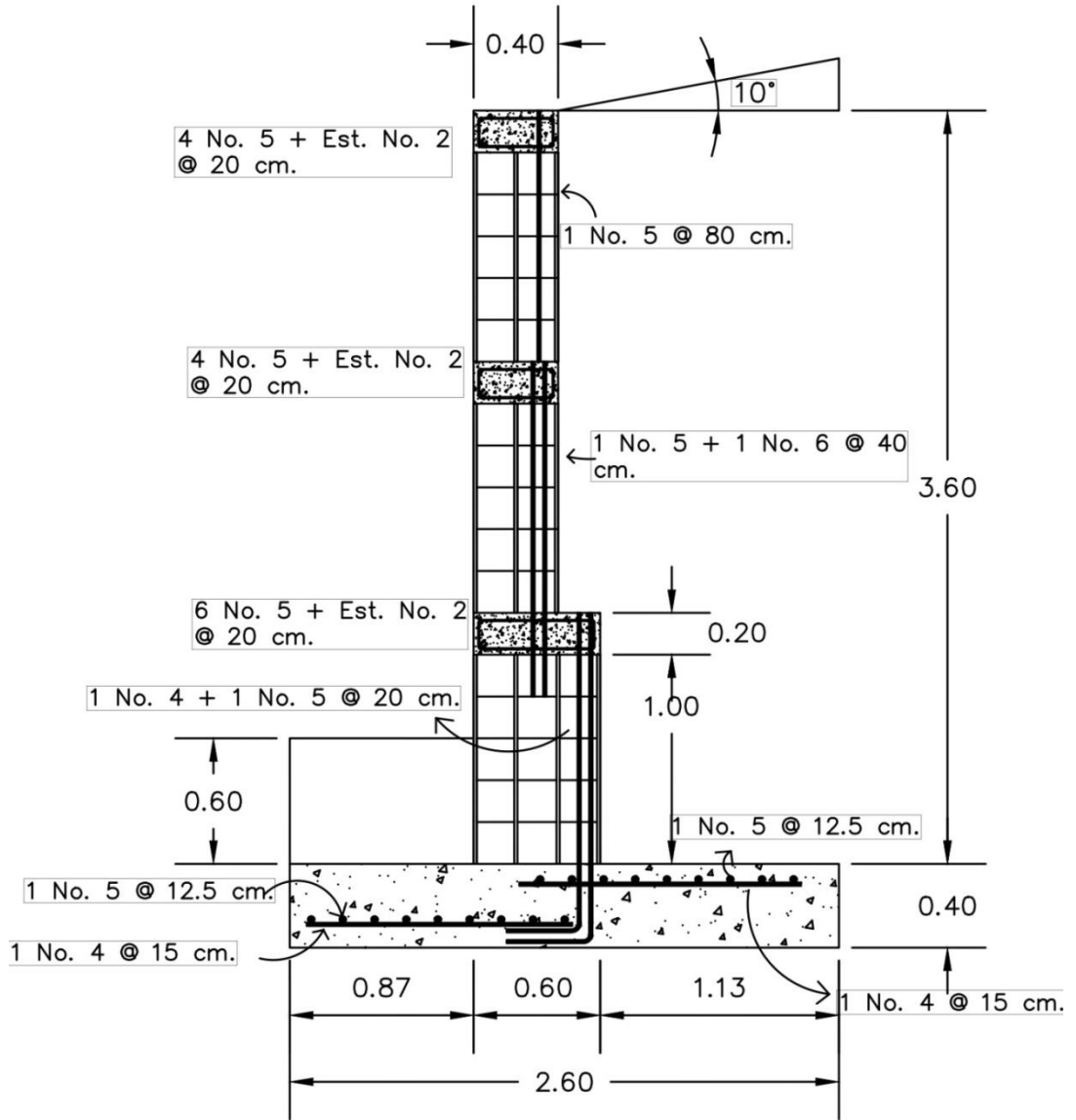
Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Diseño final zapata**

ZAPATA		
	Acero principal	Acero por temperatura
Pie	1 No. 5 @ 12.5 cm	1 No. 4 @ 15 cm corridos
Talón	1 No. 5 @ 12.5 cm	1 No. 4 @ 15 cm corridos

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Detalle final de armado de muro de contención



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.1.18. Estudio de impacto ambiental

Los distintos proyectos que abarcan el entorno de construcción civil acarrearán un impacto ambiental, este puede ser de bajo, moderado o alto. Por lo cual el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), propone determinar el tipo de impacto ambiental que genera dicho proyecto a realizar y la magnitud que este tendrá.

Para este proyecto se utilizó en estudio ambiental inicial proporcionado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Tabla XIV. **Evaluación ambiental inicial proporcionada por MARN**

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL
ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN DEL
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
<p>I. INFORMACION LEGAL</p>	
<p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar): Diseño de muro de contención de mampostería para el puente Promacosa, río Platanitos, San Miguel Petapa.</p> <p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. Se realizará la construcción de dos módulos de muro de contención de mampostería reforzada.</p>	

Continuación de tabla XIV.

Cada módulo tendrá una longitud de 85 metros, este proyecto beneficiará a la población que habita en corona del talud, como a las que habitan aguas abajo de la construcción.

I.2. Información legal:

A) Persona Individual:

A.1. Representante Legal: Juan Daniel Marroquín Ordoñez.

A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI): 2704255690101

B) De la empresa:

Razón social: Municipalidad de San Miguel Petapa.

Nombre Comercial: Municipalidad de San Miguel Petapa.

No. De Escritura Constitutiva:

Fecha _____ de _____ constitución:

Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____

Patente de Comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____

C) De la Propiedad:

No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____

_____ de _____

_____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.

D) De la Empresa y/o persona individual:

Número _____ de _____ Identificación Tributaria (NIT): _____

Continuación de tabla XIV.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
I.3 Teléfono	66621111
	Correo electrónico: contacto@petapa.gob.gt
I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)	
Especificar Coordenadas Geográficas	
Coordenadas Geográficas Datum WGS84	
15N 763416.4, 1603571.2	
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)	
1ª. Calle 1-56 zona 1, San Miguel Petapa, Guatemala.	

I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo
MSc. Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa.

II. INFORMACION GENERAL

Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:

II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar • Insumos necesarios • Maquinaria • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos • Materia prima e insumos • Maquinaria • Productos y Subproductos (bienes y servicios) • Horario de Trabajo • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre

Continuación de tabla XIV.

<p>II.5 Dirección del viento: Suroeste.</p>	
<p>II.6 En el área donde se ubica la actividad, ¿a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</p> <p>a) inundación (X) b) explosión () c) deslizamientos (X)</p> <p>d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio ()</p> <p>e) Otro ()</p> <p>Detalle la</p> <p>información</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>II.7 Datos laborales</p> <p>a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____</p> <p>b) Número de empleados por jornada: 20 Total empleados: 20.</p>	
<p>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</p>	

Continuación de tabla XIV.

INSTRUCCIONES					PARA USO INTERNO DEL MARN		
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio publico	SI	150 lt/hr	Municipalidad	En obra		Pipas
	Pozo	NO					
	Agua especial	NO					
	Superficial	NO					
Combustible	Otro	NO					
	Gasolina	SI	99 galones/mes	Gasolinera	Maquinaria		Recipientes
	Diesel	SI	366 galones/mes	Gasolinera	Maquinaria		Recipientes
	Bunker	NO					
	Glp	NO					
	Otro	NO					
Lubricantes	Solubles	NO					
	No solubles	NO					

Continuación de tabla XIV.

Refrigerantes		NO					
Otros							
<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p>							
<p>III. IMPACTO AL AIRE</p>							
<p>GASES Y PARTICULAS</p> <p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan.</p> <p>No se producirá gases o partículas.</p> <p>MITIGACION</p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p>							

Continuación de tabla XIV.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>RUIDO Y VIBRACIONES</p> <p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), ¿o vibraciones? Si, se producirán sonidos fuertes.</p> <p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) En su mayoría el sonido y vibraciones serán producidos por maquinaria y vehículos.</p> <p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? Trabajar en un horario donde los ruidos y movimiento de personal no afecten a su entorno.</p>	
<p>OLORES</p> <p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: No se emiten olores de ningún tipo.</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? No se emiten olores de ningún tipo.</p>	
<p>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</p>	
<p>AGUAS RESIDUALES</p>	
<p>CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) c) <u>Mezcla</u> de las anteriores d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado: Serán aguas ordinarias, se utilizarán 3 baños Mapreco, que serán limpiados 1 vez cada semana.</p> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios: 3 unidades.</p>	

Continuación de tabla XIV.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<u>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</u>	
<p>IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>a) sistema de tratamiento b) Capacidad c) <u>Operación y mantenimiento</u> d) Caudal a tratar e) Etc.</p>	
<u>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</u>	
<p>IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo, en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior: colector municipal</p>	
<u>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</u>	
<p>IV.5 <u>Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</u></p> <p>No aplica</p>	
<u>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)</u>	
<p><u>DESECHOS SÓLIDOS</u> <u>VOLUMEN DE DESECHOS</u> V.1 <u>Especifique el volumen de desechos o desperdicios que genera la actividad desarrollada:</u></p> <p><input type="text" value="11"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p><input type="text" value="222"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="text" value="1000"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p> <p><input type="text" value=""/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p> <p>V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.): Desechos sólidos y basura.</p> <p>V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad? No aplica.</p> <p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado. Proceso se realizará en otro lugar, alejado de la obra. No aplica.</p>	

Continuación de tabla XIV.

<p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado Para los desechos orgánicos se utiliza Se realizará mediante plantas de tratamiento.</p> <p>V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero? Se trabajará con una empresa en conjunto que será la encargada de los desechos generados.</p> <p>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos) Botadero kilómetro 22 Villa Nueva.</p>

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA</p> <p>CONSUMO</p> <p>VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes: 221 kWhr</p> <p>VI. 2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público</p> <p><u>b) Sistema privado</u></p> <p>c) generación propia</p> <p>VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI NO X</p> <p>VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Utilizar la energía eléctrica únicamente en actividades que la requieran.</p>	

Continuación de tabla XIV.

<p>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.) Continuación de tabla XIV.</p>
<p>Especificar información: Ubicación de obra se encuentra muy cercana, donde hay mucha diversidad de tipos de flora.</p> <p>VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No</p> <p>VII.3 ¿Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X)</p>
<p>VIII. TRANSPORTE</p> <p>VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">a) Número de vehículos unob) Tipo de vehículo Pick Upc) sitio para estacionamiento y área que ocupa: 15 m²d) Horario de circulación vehicular: 6 a.m. – 5 p.m.e) Vías alternas: 2 vías
<p>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</p>
<p>ASPECTOS CULTURALES</p> <p>IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, ¿cuál? Ladina</p>

Continuación de tabla XIV.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</p> <p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p>	
<p>ASPECTOS SOCIAL</p> <p>IX.3. ¿En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario?</p> <p>SI () NO (X)</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias?</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p>	
<p>PAISAJE</p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué</p> <p>Si afectará la forma natural del cauce del río ya que se empleará una obra civil grande, pero esta generará una mejora de vida para la población.</p>	
<p>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</p>	
<p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p>	

Continuación de tabla XIV.

X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD
<p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>d) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>e) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>f) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p>
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p>
<p>Equipo de protección personal</p> <p>X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Guantes, casco, botas dieléctricas con punta de acero, lentes oscuros y chalecos reflectores.</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Trabajar en un horario donde los ruidos y movimientos de personal no afecten a su entorno.</p>

Fuente: Dirección de gestión ambiental y recursos naturales ventanilla ambiental. *Evaluación ambiental inicial*. Acuerdo gubernativo 137-2016.

2.1.19. Presupuesto del proyecto

A continuación, se describe la cuantificación de materiales y precios unitarios a utilizar en la ejecución del muro de contención.

Tabla XV. Precios unitarios del muro de contención

PROYECTO: BODEGA Y LIMPIEZA DEL TERRENO
PRELIMINARES

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/UNITARIO	TOTAL
1	PARALES DE 3" X 3" X 12'	90	pie-tabla	Q3,50	Q315,00
2	PUERTA PARA BODEGA	1	unidad	Q230,00	Q230,00
3	LAMINA ACANALADA CALIBRE 28 DE 10'	22	unidad	Q96,80	Q2 129,6
4	CLAVO DE LAMINA	15	libra	Q9,00	Q135,00
5	REGLAS DE 2" X 3" X6'	45	pie-tabla	Q3,00	Q135,00
TOTAL MATERIALES					Q2 944,6

MANO DE OBRA

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/UNITARIO	TOTAL
1	LIMPIEZA DEL TERRENO	1	global	Q200,00	Q200,00
2	EJECUCIÓN DE BODEGA	1	global	Q750,00	Q750,00
				SUBTOTAL	Q950,00
				PRESTACIONES	84,67% Q804,37
TOTAL MANO DE OBRA					Q1 754,37

COSTO HERRAMIENTA, EQUIPO Y MAQUINARIA (4% MATERIALES)	Q117,78
COSTO DE MATERIALES	Q2 944,6
COSTO DE MANO DE OBRA	Q1 754,37
COSTO DIRECTO	Q4 816,75

COSTO INDIRECTO

ADMINISTRACIÓN	15%	Q722,51
IMPREVISTOS	6%	Q289,00
UTILIDAD	11%	Q529,84
IMPUESTOS	12%	Q578,01
TOTAL INDIRECTO		Q2 119,37

Continuación

VALOR TOTAL DEL RENGLÓN	Q6 936,12
VALOR UNITARIO DE PRELIMINARES	Q6 936,12

Continuación de tabla XV.

MANO DE OBRA

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/UNITARIO	TOTAL
1	TRAZO Y PUENTEADO	459	m2	Q4,53	Q2 079,27
2	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL	1 887	m3	Q47,86	Q90 311,82
3	RELLENO ESTRUCTURAL (MISMO MATERIAL DE EXCAVACIÓN)	1 533,74	m3	Q67,43	Q103 420,09
4	ARMADO + FUNDICIÓN DE CIMENTO	176,8	m3	Q372,50	Q65 858,00
5	ARMADO + FUNDICIÓN DE PINES	2 550	unidad	Q38,00	Q96 900,00
6	LEVANTADO DE BLOCK DE 20 X 20 X 40 cm	1 190	m2	Q95,00	Q113 050,00
7	ARMADO, FORMALETEADO Y FUNDIDO DE SOLERA DE 20X40 cm	340	ml	Q55,00	Q18 700,00
8	ARMADO, FORMALETEADO Y FUNDIDO DE SOLERA DE 20X60 cm	170	ml	Q70,00	Q11 900,00
9	ARMADO, FORMALETEADO Y FUNDIDO DE COLUMNA DE 20X20 cm	306	ml	Q40,00	Q12 240,00
10	COLOCACIÓN DE TUBO PVC DE 4" 160 PSI	57	unidad	Q9,50	Q541,50
				SUBTOTAL	Q515 000,68
				PRESTACIONES	84,67% Q436 051,07
				TOTAL MANO DE OBRA	Q951 051,75

COSTO HERRAMIENTA, EQUIPO Y MAQUINARIA (4% MATERIALES)	Q17 472,72
COSTO DE MATERIALES	Q436 818,02
COSTO DE MANO DE OBRA	Q951 051,75
COSTO DIRECTO	Q1 405 342,49

COSTO INDIRECTO

ADMINISTRACIÓN	15%	Q210 801,37
IMPREVISTOS	6%	Q84 320,55
UTILIDAD	11%	Q154 587,67
IMPUESTOS	12%	Q168 641,10
TOTAL INDIRECTO		Q618 350,70

VALOR TOTAL DEL RENGLÓN	Q2 023 693,19
VALOR UNITARIO DE PRELIMINARES/M	Q11 904,08

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Resumen del presupuesto del muro de contención**

PROYECTO: RESUMEN MURO DE CONTENCIÓN

RESUMEN DE PRESUPUESTO

No.	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/UNITARIO	TOTAL
1	PRELIMINARES	1	global	Q6 936,12	Q6 936,12
2	EJECUCIÓN DEL MURO	170	ml	Q11 904,08	Q2 023 693,19

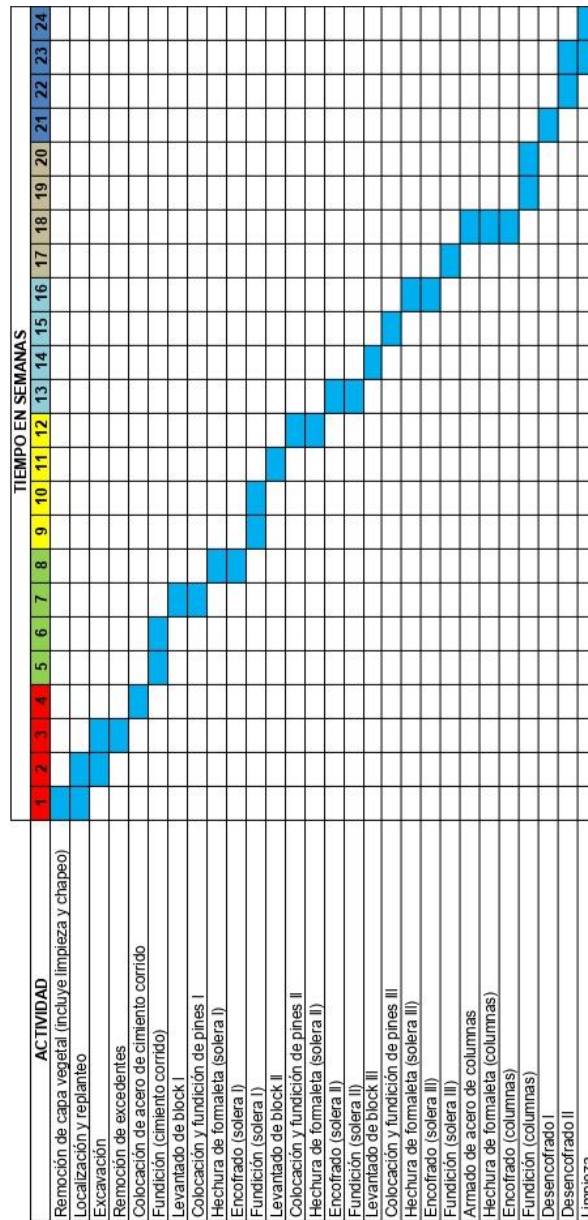
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		Q2 030 629,31
COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN DOLARES US	\$7,69	Q264 061,03

Tipo de cambio septiembre 2019

Fuente: elaboración propia.

2.1.20. Cronograma de trabajo del muro de contención de mampostería

A continuación, se describe el cronograma de actividades a realizar en la ejecución del muro de contención de mampostería reforzada.



Fuente: elaboración propia.

2.1.21. Elaboración de planos

Juego de planos se encontrarán en el área de apéndices del trabajo de graduación, estos serán:

- Planta y elevación
- Detalle de armado de cimentación / columna

2.2. Diseño de mapa de uso de suelos mediante metodología Corine Land Cover

A continuación, se describen la teoría y procedimientos que nos servirá para entender el fin de un mapa de uso de suelos.

2.2.1. Descripción del proyecto

Para la realización del proyecto de mapa de uso de suelos como primer paso se procedió a comprar una imagen satelital que tuviera la resolución adecuada para realizar dicho análisis, por lo cual se obtuvo una imagen satelital Pleiades de 50 cm. de resolución, esta fue proporcionada por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA). Ya teniendo la imagen se procedió a encontrar una metodología que abarcara las categorías adecuadas y que fuera abalada internacionalmente por lo cual se le aplicó la metodología Corine Land Cover que es específica para la determinación de coberturas de uso del suelo mediante imágenes satelitales de media y alta resolución.

2.2.2. Digitalización

Es una etapa muy importante en la realización de mapas en un programa de información geográfica, este consiste en la transformación de la información en la naturaleza que se quiere trasladar a información digital mediante el programa ArcGIS creando capas vectoriales que pueden ser: puntos, líneas y polígonos. Con el fin de obtener información rápidamente mediante una base de datos amplia de información digital. Para este proyecto se trabajaron dos tipos de capas vectoriales, los puntos para la fase de digitalización SIG clasificación

supervisada y los polígonos para la fase de control de calidad al pasar la imagen de ráster a polígono.

2.2.3. Sistemas de coordenadas

A continuación, se describe el sistema de coordenadas utilizado en el estudio del mapa de uso de suelos de los municipios de San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula del departamento de Guatemala.

2.2.3.1. Coordenadas geográficas

Son aquellas que ayudan a tener una referencia de un punto base respecto a un ángulo medido desde el eje de la tierra, utilizando dos coordenadas angulares, latitud (norte o sur) y longitud (este u oeste).

2.2.3.1.1. Latitud

Este proporciona ubicación respecto al norte o sur desde el ecuador, se representa mediante ángulos que varían desde los 0° del ecuador hasta los 90°. Se acompañan ya sea con letra “N” significando hemisferio norte o una letra “S” si se localiza en hemisferio sur.

2.2.3.1.2. Longitud

Este proporciona la ubicación respecto al este u oeste desde el meridiano de Greenwich, se representa mediante ángulos que varían desde los 0° hasta los 180°. Se acompañan ya sea con la letra “W” significando que el punto se ubica a la izquierda del meridiano origen o letra “E” si esta ubicación está a la derecha del meridiano origen.

2.2.3.1.3. El meridiano de Greenwich

Divide la tierra en dos hemisferios: este u oriental, este es una línea imaginaria a este también se le conoce como meridiano cero.

2.2.3.2. Coordenadas GTM

Es una proyección específica para la República de Guatemala realizada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), debido que Guatemala se encuentra ubicado dentro de dos zonas 15 y 16. Haciendo esto una confusión y discrepancia de resultados a la hora de trabajar sistemas de información geográfica. Esta coordenada se encuentra en el huso 15,5 situado entre los husos antes mencionados, la diferencia se da en las coordenadas X con aproximadamente 250 km de diferencia. Se realizó norma (NTG 211001), que especifica que las coordenadas GTM deben ser utilizadas como referencia para trabajos cartográficos, geodésicos y catastrales hechos en Guatemala. Se cuenta con las siguientes especificaciones:

- Proyección: Transversal de Mercator (tipo Gauss Kruger) en una zona única local.
- Elipsoide: WGS-84.
- Longitud de origen: 90°30' (meridiano central de proyección).
- Latitud de origen: 0° (el Ecuador).
- Unidades: metros.
- Falso norte: 0 metros.
- Falso este: 500 000 metros en el meridiano central.
- Factor de escala en el meridiano central: 0,9998.
- Numeración de las zonas: no está dentro de la numeración normal de zonas UTM. Se le puede llamar zona 15,5.

- Nuevo sistema de referencia geodésico: WGS-84 preciso, basado en ITRF-94 época 1 997,5 parámetros del elipsoide.
 - Semieje mayor: 6 378 137 metros
 - Semieje menor: 6 356 752,3142
 - Achatamiento: 1/298,257223563

2.2.4. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Se le denomina SIG a un conjunto de herramientas que deben trabajar en sintonía para poder emplear sus herramientas en óptimas condiciones, para poder obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real y crear bases de datos digitales de todos estos.

El objetivo de la utilización de SIG es la gestión de información espacial, creando distintos tipos de capas temáticas guardando estas independientemente, poder trabajar y extraerlas directamente con el programa cuando una de estas sea necesaria. El ciclo de un SIG es el siguiente:

- Fuente de datos
- Captura de datos
- Recuperación y análisis
- Análisis
- Toma de decisiones de información por usuarios
- Toma de acciones en mundo real

Las grandes ventajas de la utilización de los SIG es que logran integrar información espacial de muchos tipos, como también logran ofrecer un marco consistente de análisis para datos geográficamente ubicados que son actualizados con frecuencia.

Estos pueden ser utilizados en los siguientes trabajos: catastro, planificación urbana, gestión de recursos naturales, gestión de servicios, rutas de transporte, cartografía, planificación comercial, evaluación de riesgos y emergencias, impacto ambiental, estudios sociológicos y demográficos.

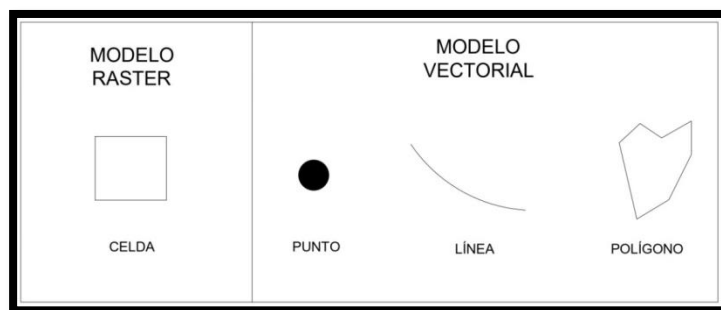
2.2.5. Representación de datos en forma ráster o vectorial

Las representaciones gráficas en un SIG en la actualidad pueden ser de dos formas diferentes: formato ráster o vectorial. Estos se utilizarán dependiendo del tipo de estudio que se quiere ejecutar.

Formato ráster se caracteriza por estar formado por píxeles, estos están representados en forma de celdas o cuadrículas, cada píxel representa una cualidad o propiedad (color, altitud).

Formato vectorial se puede representar mediante 3 tipos: puntos, líneas y polígonos. La principal diferencia de estas dos formas es que el archivo ráster es un conjunto de píxeles mientras tanto el vectorial almacena coordenadas de los vértices de cada elemento geométrico.

Figura 15. Tipos de formato en SIG



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

2.2.6. Metodología Corine Land Cover

La metodología Corine Land Cover también es conocida por su acrónimo CLC, desarrolla la creación de una base de datos sobre cobertura, dirigido por la Agencia Europea de Medio Ambiente en Copenhague, este se definió específicamente para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. La base de datos permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media y alta.

Dentro de la tabla XIV se muestra nomenclatura de la cobertura terrestre Corine Land Cover se observa los distintos niveles de las categorías que se investigan

Para el mapa de uso de suelos de los municipios de San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula se digitalizaron 4 categorías que se consideraron más importantes y que se encontraron en el área delimitada de estudio, estas son:

- Tela Urbana continua
- Tierra ocupada principalmente por la agricultura, con áreas significativas de vegetación natural.
- Bosque mixto.
- Áreas escasamente vegetadas.

Tabla XVII. **Tabla de nomenclatura de cobertura terrestre Corine Land Cover**

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
1. Superficies artificiales	1.1. Tela urbana.	1.1.1. Tela urbana continua
		1.1.2. Tela urbana discontinua
	1.2. Unidades industriales, comerciales y de transporte.	1.2.1. Unidades industriales o comerciales
		1.2.2. Redes de carreteras, ferrocarriles y tierras asociadas.
		1.2.3. Áreas portuarias
		1.2.4. Aeropuertos
	1.3. Mina, vertedero y sitios de construcción.	1.3.1. Sitios de extracción de minerales
		1.3.2. Vertederos
		1.3.3. Sitios de construcción
	1.4. Zonas artificiales con vegetación no agrícola.	1.4.1. Zonas urbanas verdes
		1.4.2. Instalaciones deportivas y de ocio
	2. Áreas agrícolas	2.1. Tierra cultivable.
2.1.2. Tierra de regadío permanente		
2.1.3. Campos de arroz		
2.2. Cultivos permanentes.		2.2.1. Viñedos
		2.2.2. Árboles frutales y plantaciones de bayas
		2.2.3. Olivares
2.3. Pastos.		2.3.1. Pastos
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas.		2.4.1. Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes.
		2.4.2. Patrones complejos de cultivo
		2.4.3. Tierra ocupada principalmente por la agricultura, con áreas significativas de vegetación natural.
	2.4.4. Áreas agroforestales	

Continuación de tabla XVII.

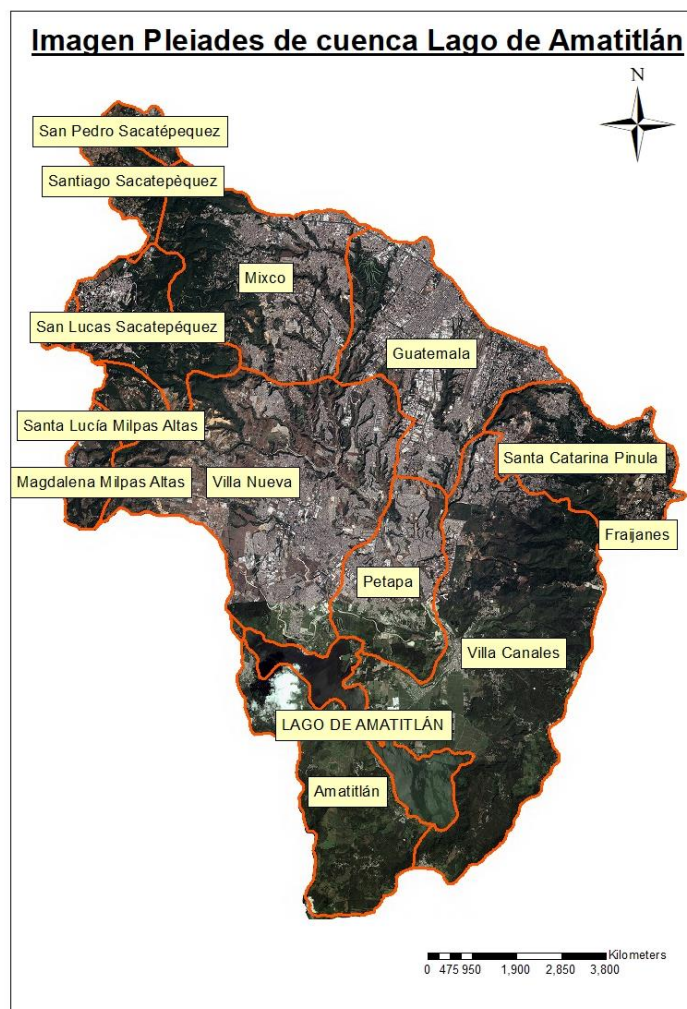
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1. Bosques.	3.1.1. Bosques de hojas anchas
		3.1.2. Bosques de coníferas
		3.1.3. Bosque mixto
	3.2. Asociaciones de vegetación arbustiva y/o herbácea.	3.2.1. Pastizales naturales
		3.2.2. Moros y brezales
		3.2.3. Vegetación esclerófila
		3.2.4. Bosque de transición / arbusto
	3.3. Espacios abiertos con poca o sin vegetación.	3.3.1. Playas, dunas, arenas
		3.3.3. Áreas escasamente vegetadas
3.3.4. Áreas quemadas		
4. Humedales	4.1. Humedales interiores.	4.1.1. Marismas interiores
		4.1.2. Pantanos de turba
	4.2. Humedales costeros.	4.2.1. Marismas saladas
		4.2.2. Salinas
		4.2.3. Zona intermareal
5. Cuerpos de agua	5.1. Aguas continentales.	5.1.1. Cursos de agua
		5.1.2. Cuerpos de agua
	5.2. Aguas marinas.	5.2.1. Lagunas costeras
		5.2.2. Estuarios
		5.2.3. Mar y océano

Fuente: elaboración propia.

2.2.7. Recopilación de información

Para tener información se acudió a la imagen satelital Pleiades obtenido por AMSA, esta tiene 50 cm. alta resolución se procedió a realizar el procesamiento digital para realizar la interpretación de los datos, el primero se realizó visual para más adelante realizar la clasificación no supervisada.

Figura 16. Imagen Pleiades de la cuenca del lago de Amatitlán



Fuente: oficina de Planeamiento Urbano y Ordenamiento Territorial, AMSA.

2.2.8. Interpretación visual de espacio de mapas

La interpretación de las imágenes de satélite se realizó inicialmente a través de la visualización en computador, empleando el software ArcGIS 10,3, con licencia de uso, instaladas en los computadores de la División de Planeamiento Urbano y Ordenamiento Territorial, con una configuración para delinear las diferentes unidades de mapeo. El procesamiento digital de las imágenes se realizó en conjunto con la División de Planeamiento Urbano y Ordenamiento Territorial.

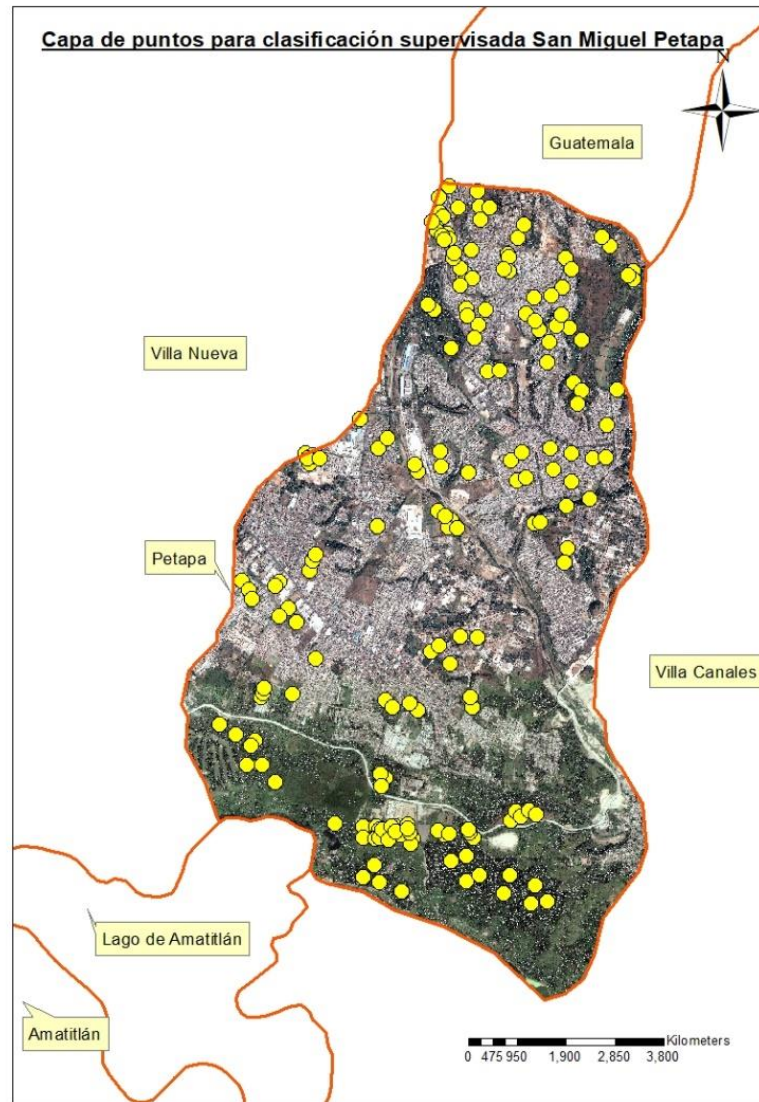
2.2.9. Clasificación no supervisada

Es muy útil para realizar mapas de usos de suelo, mediante el programa ArcGIS 10,3 se crean firmas espectrales y este delimita al ráster de forma automática las clases solicitadas, no determina ninguna prioridad para obtener las clases, esta se realiza a base de probabilidades, este se realiza cuando se requieren obtener resultados rápidos, pero no obtendrán resultados precisos.

2.2.10. Clasificación supervisada

Esta clasificación como primer paso se procede a realizar una capa de puntos de cada una de las clases, mientras mayor cantidad de puntos se tendrá mayor precisión generando una tabla de atributos mucho más extensa. Todos estos puntos se realizaron a una escala 1:10 000.

Figura 17. **Capa de puntos para clasificación supervisada**



Fuente: elaboración propia, empleando Arcgis 10.3.

Al terminar se procede a colocar un valor al grupo de puntos, en el proyecto fueron los siguientes valores:

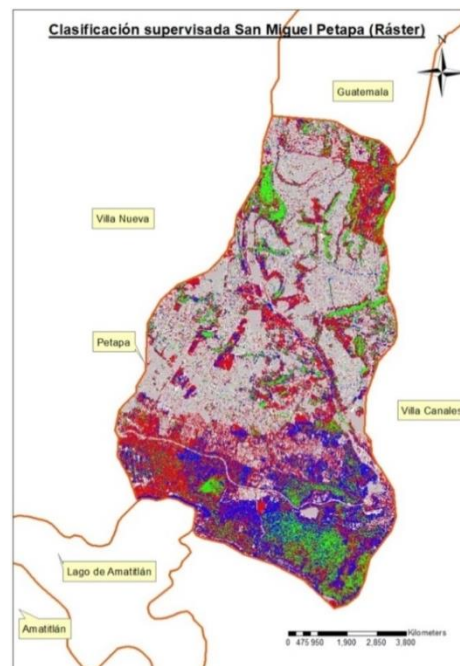
Tabla XVIII. **Códigos de clasificaciones**

Clasificación	Código
Tela urbana continua	111
Tierra ocupada para la agricultura	243
Bosque Mixto	313
Áreas escasamente vegetadas	333

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se genera y guarda una firma espectral con la herramienta Create Signatures y se finaliza con la herramienta Maximum Likelihood Classification usando la imagen ráster y el shapefile con el campo de los valores numéricos de cada clase.

Figura 18. **Clasificación supervisada municipio San Miguel Petapa**



Fuente: elaboración propia, empleando Arcgis 10.3.

2.2.11. Trabajo de campo

En forma paralela a la transformación de ráster a polígono se inició el trabajo de campo donde se obtuvo información de los puntos de interés de las áreas de estudio. La colecta de datos se realizó en equipo con divisiones de planificación de las municipalidades de cada municipio ya que ellos conocían mejor el área, al equipo fue necesario dotar del equipo de campo necesario consistente en GPS, brújulas, cámaras fotográficas, cintas métricas y otros, así como transporte para trasladar al personal hacía los puntos donde se tomaron datos.

Los datos de campo del área de los dos municipios a estudiar se realizaron con lecturas de GPS de polígonos para verificación, coberturas de cultivos o áreas no comunes y puntos que el personal consideró relevantes.

2.2.12. Transformación de ráster a polígono

La transformación de polígonos se puede realizar tanto a una clasificación no supervisada como a una supervisada dando como resultado una imagen con polígonos con terminación .shp. El único problema que se da es cuando la imagen ráster creada al momento de ser muy grande se generarán gran cantidad de polígonos sin importancia significativa (micropolígonos), que a su vez generan errores en cálculos y hacen que mapa se observe desordenado. Para esto se recomienda la eliminación de estos polígonos con una herramienta llamada Eliminate, se selecciona todos los registros en la tabla de atributos de acuerdo a un valor mínimo previamente establecido en este caso se eliminaron polígonos que tuvieran valores menores a 5 metros cuadrados. Al finalizar este proceso se procede a unir los

polígonos con área mayor a 5 metros cuadrados, estos se unirán en sus vértices creando polígonos mucho más grandes, el fin de esto es crear la menor cantidad de polígonos para que el cálculo del área total sea más accesible.

Se estableció un color para cada categoría calculada, como se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla XIX. **Colores de categorías en mapas**

Código	Categoría	Color
111	Tela urbana continua	gris
243	Tierra ocupada para la agricultura	naranja
313	Bosque mixto	verde
333	Áreas escasamente vegetadas	amarillo

Fuente: elaboración propia.

2.2.13. Resultados finales

Ya teniendo la imagen convertida a polígono ya se puede realizar el cálculo del área que tiene cada categoría, resultados se darán en hectáreas y kilómetros cuadrados.

Tabla XX. **Descripción uso de suelo en municipio de San Miguel Petapa**

Código	Categoría	Área (ha)	Área (km²)
111	Tela urbana continua	1 045,8936	10,4589
243	Tierra ocupada para la agricultura	73,9583	0,7395
313	Bosque mixto	493,7470	4,9374
333	Áreas escasamente vegetadas	728,2032	7,2820

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Descripción uso de suelo en municipio de Santa Catarina Pinula**

Código	Categoría	Área (ha)	Área (km²)
111	Tela urbana continua	691,4466	6,9145
243	Tierra ocupada para la agricultura	10,9725	0,1097
313	Bosque mixto	1 558,3272	15,5833
333	Áreas escasamente vegetadas	623,3777	6,2337

Fuente: elaboración propia.

2.2.14. Elaboración de planos

Planos finales de mapas de uso de suelo se encuentra en el área de apéndices del trabajo de graduación.

CONCLUSIONES

1. El muro de contención de mampostería reforzada para talud del puente Promacosa de San Miguel Petapa contará con una zapata de 2,60 m. de largo (0,87 m. de pie, 1,13 m. de talón y 0,40 m. de peralte); 2 tramos de 1,00 x 0,40 m de levantado de block (colocado de punta y soga) y 1 tramo de 1,00 x 0,60 m de levantado de block (colocado de punta y soga); llevará a su vez armado de pines y soleras como se muestra en planos. Cada módulo de muro tiene una longitud de 85 metros haciendo un total entre los dos 170 metros, con columnas de 0,20 metros x 0,20 metros a cada 2,00 metros, y juntas de dilatación cada 6,80 metros aplicándoles sellador.
2. El costo directo total del proyecto de muro de contención del puente Promacosa es de Q 2 030 629,31 dentro del cual ya se incluye trabajos preliminares, costos directos de: materiales, mano de obra, herramienta, equipo y costos indirectos de administración, imprevistos, fianzas, seguros, utilidad e impuestos. Teniendo un costo unitario por metro lineal del proyecto de Q 11 904,08.
3. Mediante la realización del mapeo de uso de suelos de los municipios de San Miguel Petapa se obtuvieron los siguientes resultados de las siguientes áreas: tela urbana continua 10,4589 km², tierra ocupada para la agricultura 0,7395 km², bosque mixto 4,9374 km², áreas escasamente vegetadas 7,2820 km². Para Santa Catarina Pinula se obtuvo: tela urbana continua 6,9145 km², tierra ocupada para la agricultura

0,1097 km², bosque mixto 15,5833 km² y áreas escasamente vegetadas de 6,2337 km².

4. Mediante los resultados obtenidos de las áreas de las categorías del mapa de uso de suelo se puede observar que las urbanizaciones se están expandiendo en los municipios, aumentando esto la urgencia de que se tenga un plan de ordenamiento territorial municipal para promover el desarrollo integral de los habitantes. Otro punto importante es que se cuenta con área escasamente vegetada alta en los dos municipios de estudio, esto deberá promover planes de reforestación y seguridad forestal en estas áreas.

5. El estudio de impacto ambiental en el proyecto de muro de contención tiene un impacto negativo en las fases de construcción, ya que se ven afectados varios recursos naturales como el suelo, agua y partículas en suspensión, sin embargo, los habitantes del lugar se ven beneficiados en mejorar su calidad de vida y la disminución de riesgos hacia su persona, ellos también pueden participar como mano de obra directa dando una fuente de ingresos a los habitantes aledaños a obra.

RECOMENDACIONES

1. Para la ejecución del proyecto de muro de contención de mampostería reforzada se debe garantizar la supervisión de la obra por un ingeniero civil colegiado y que tenga cumpla con las normas constructivas, especificaciones del diseño, tiempo de ejecución y con el juego de planos brindado.
2. Al momento de ser ejecutado el proyecto se deberán realizar actualizaciones en el presupuesto, ya que los materiales, equipo, mano de obra, combustible y accesorios varían sus precios con el transcurrir de los años esto para evitar caer en una subvaluación del mismo.
3. Realizar actualizaciones de mapas de uso de suelo constantemente es de muy importancia ya que se sufren cambios constantes, como también será de muy importancia aumentar las categorías a investigar como: cuerpos de agua, sitios de extracción minera, separar unidades industriales o comerciales y separar los distintos tipos de bosques que se cuentan en los municipios.
4. Para aumentar la precisión de los mapas se aconseja realizar mapas a una escala más pequeña, esto llevaría más tiempo de trabajo, pero el resultado final tendrá una exactitud muy alta.
5. Realizar cursos e implementar los sistemas de información geográfica (SIG), tanto para las instituciones públicas para poseer información

específica de su área de estudio como también para las universidades en las carreras donde pueda ser aplicado dichos sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán. *Metodología de uso Corine Land Cover*. Guatemala, 2018. 76 p.
2. CONTRERAS RAMOS, Oliver Romeo. *Diseño de ampliación de carretera de la aldea El Cacao Viejo a la aldea El Bijagual y diseño de muro de contención de mampostería reforzada*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 113 p.
3. DAS, Braja M. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. 7a ed. México: Cengage Learning, 2011. 794 p.
4. GIRÓN PEREZ, Selvin Josué, *Diseño de la edificación de dos niveles para mercado municipal en la cabecera municipal y edificio escolar de dos niveles para aldea Tawayni, municipio de La Unión, departamento de Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 217 p.
5. MCCORMAC, Jack; BROWN, Rusell. *Diseño de concreto reforzado*. 8a ed. México: Alfaomega, 724 p.

6. MORALES MUÑOZ, Carlos Enrique. *Algoritmos para el diseño de muros de contención de mampostería*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1985. 160 p.
7. Municipalidad de Santa Catarina Pinula. *Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula*. [en línea]. <<http://scp.gob.gt/historia-del-municipio/>>. [Consulta: 25 de abril de 2019].
8. Municipio de San Miguel Petapa. Antecedentes históricos del municipio San Miguel Petapa. [en línea]. <munisanmiguelpetapa.gob.gt/mi-municipio.html>. [Consulta: 26 de abril de 2019].
9. VILLALAZ CRESPO, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Noriega Editores, 2004. 651 p.

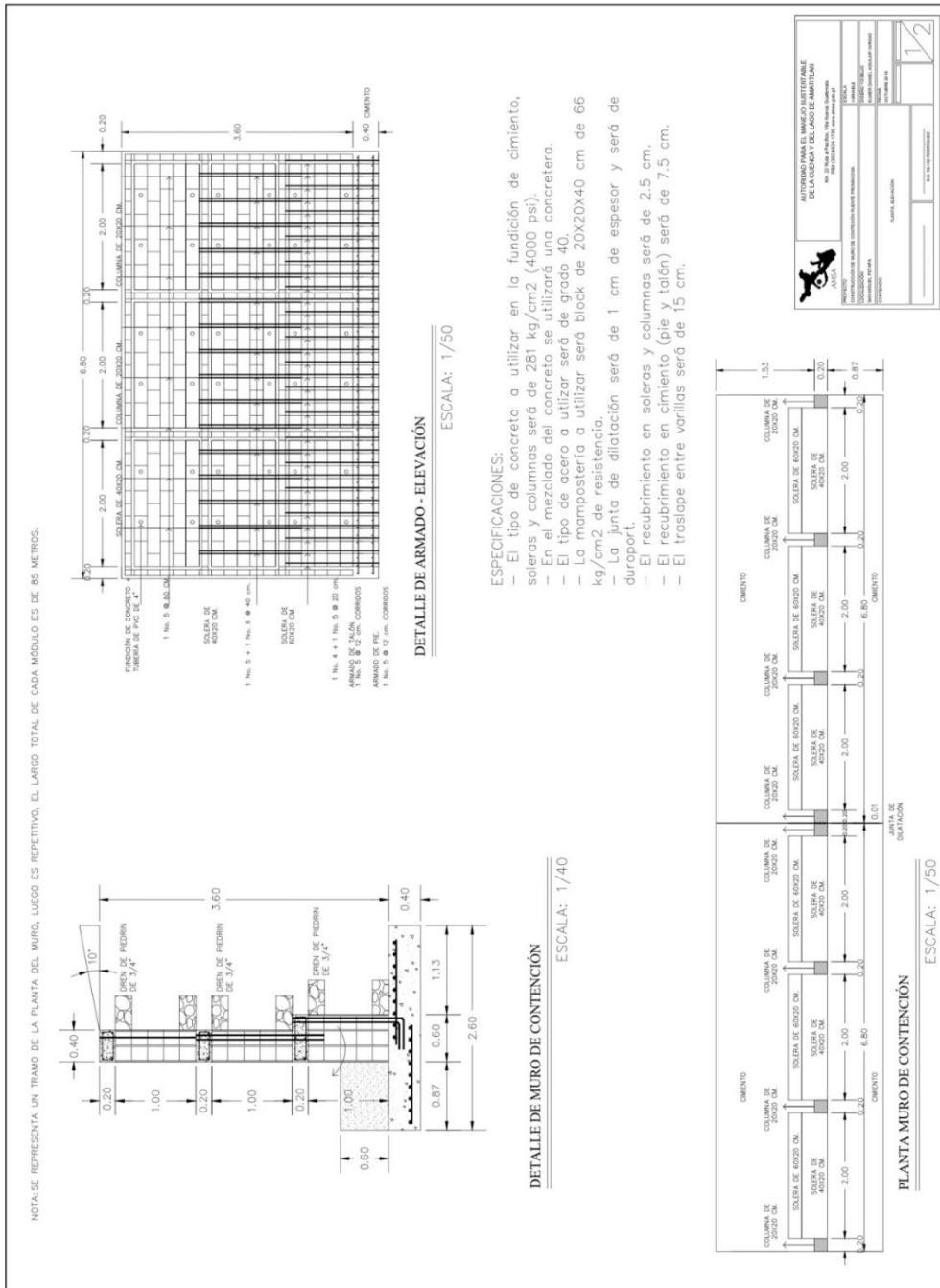
APÉNDICES

Apéndice 1. **Diseño de muro de contención de mampostería
para el puente Promacosa, río Platanitos, San
Miguel Petapa**

- Planta y elevación
- Detalle de armado de cimentación / columna

Continuación de apéndice 1.

- Planta y elevación



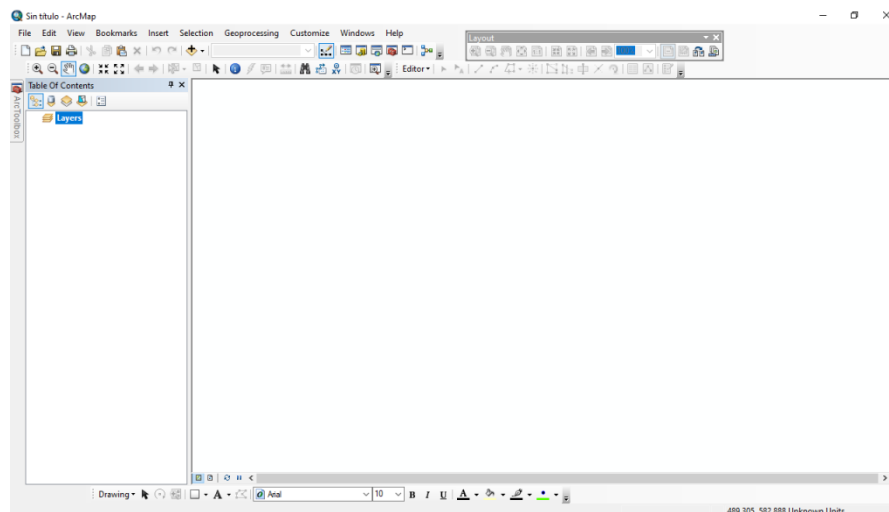
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Apéndice 2. **Mapeo de uso de suelos utilizando la metodología Corine Land Cover y sistema de información geográfica (ArcGIS) para San Miguel Petapa y Santa Catarina Pinula, Guatemala**

- Ejemplo de cómo realizar una clasificación supervisada de un mapa de uso de suelos utilizando ArcMap 10.3.
- Mapa de uso de suelos municipio de San Miguel Petapa.
- Mapa de uso de suelos municipio de Santa Catarina Pinula.

Ejemplo de cómo realizar una clasificación supervisada de un mapa de uso de suelos utilizando ArcMap 10.3.

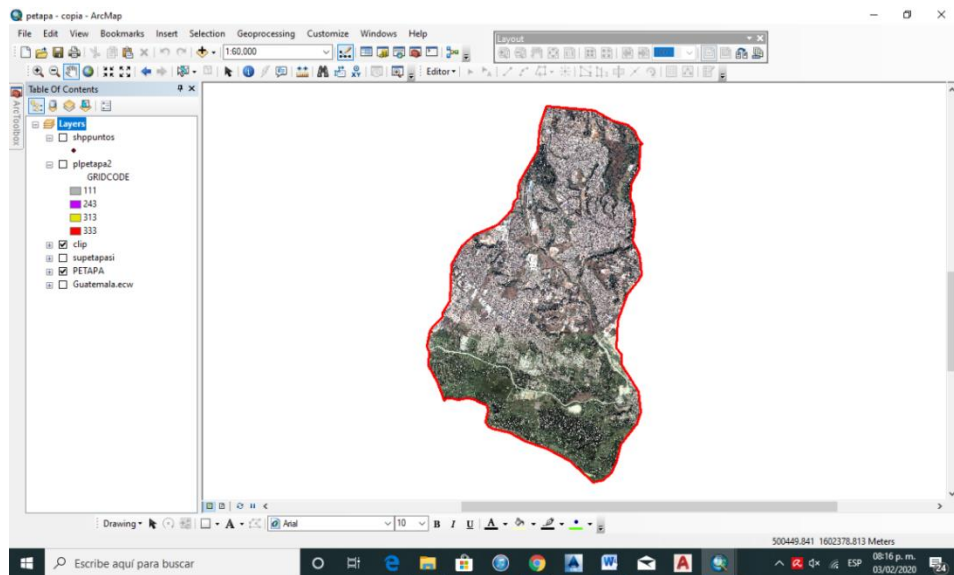
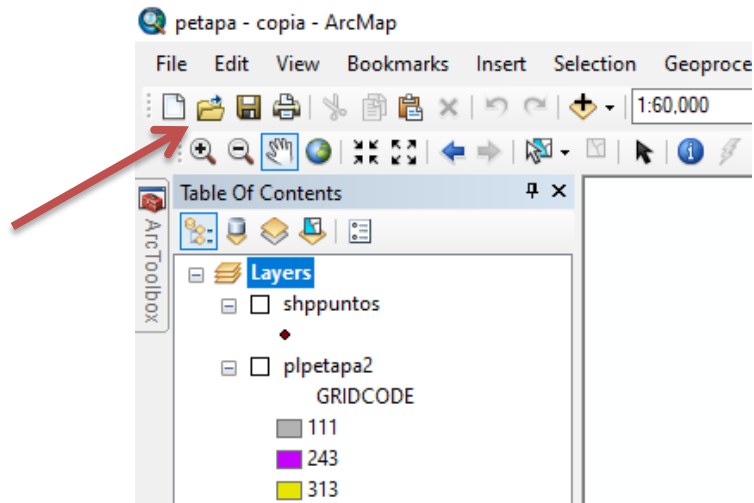
- Se ingresa a programa ArcMap 10.3



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

Continuación del apéndice 2.

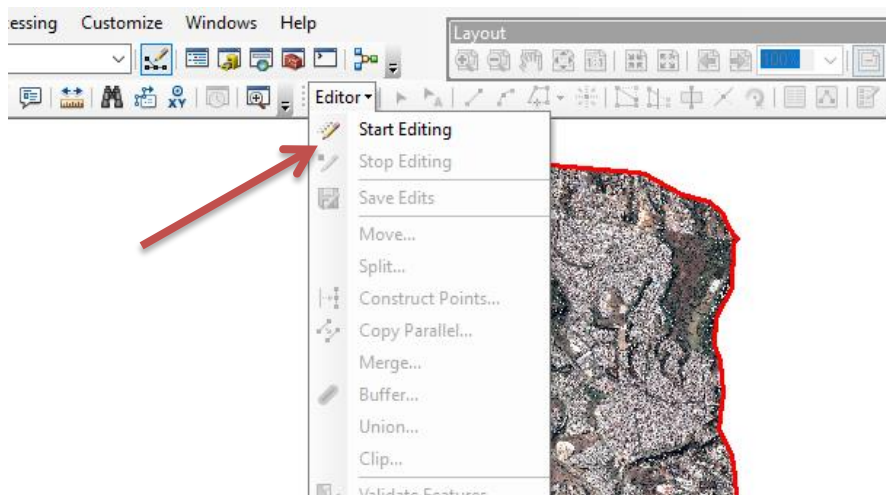
- Se ingresa la imagen satelital con la que se desea realizar la clasificación supervisada, oprimiendo el ícono “abrir”



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

Continuación del apéndice 2.

- Como primer paso se crea una capa de puntos lo cual es necesario utilizar la opción de “editor” y se marcan los puntos para las 4 clases que se estudiarán, mientras mayor cantidad de puntos se tendrá mayor precisión.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

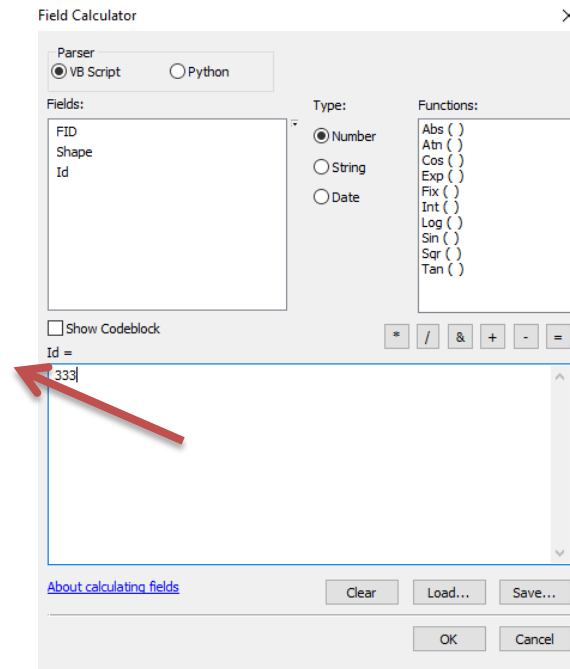
- Se seleccionan los puntos marcados para cada clase y se le coloca un mismo valor, dando *click* derecho solo la opción “id”, luego *click* izquierdo sobre “field calculator”.

Continuación apéndice 2.

The screenshot displays the ArcGIS interface. The main map area shows a satellite-style terrain with a red boundary and several green and cyan points. The 'Table' window is open, showing a table with columns 'FID', 'Shape', and 'Id'. The 'Id' column contains the value '333' for all rows. A context menu is open over the table, with a red arrow pointing to the 'Id' column header. The menu options include: Sort Ascending, Sort Descending, Advanced Sorting..., Summarize..., Statistics..., Field Calculator..., Calculate Geometry..., Turn Field Off, Freeze/Unfreeze Column, Delete Field, and Properties... The status bar at the bottom of the table window indicates '(41 out of 178 Selected)'.

FID	Shape	Id
143	Point	333
144	Point	333
145	Point	333
146	Point	333
147	Point	333
148	Point	333
149	Point	333
150	Point	333
151	Point	333
152	Point	333
153	Point	333
154	Point	333
155	Point	333
156	Point	333
157	Point	333
158	Point	333

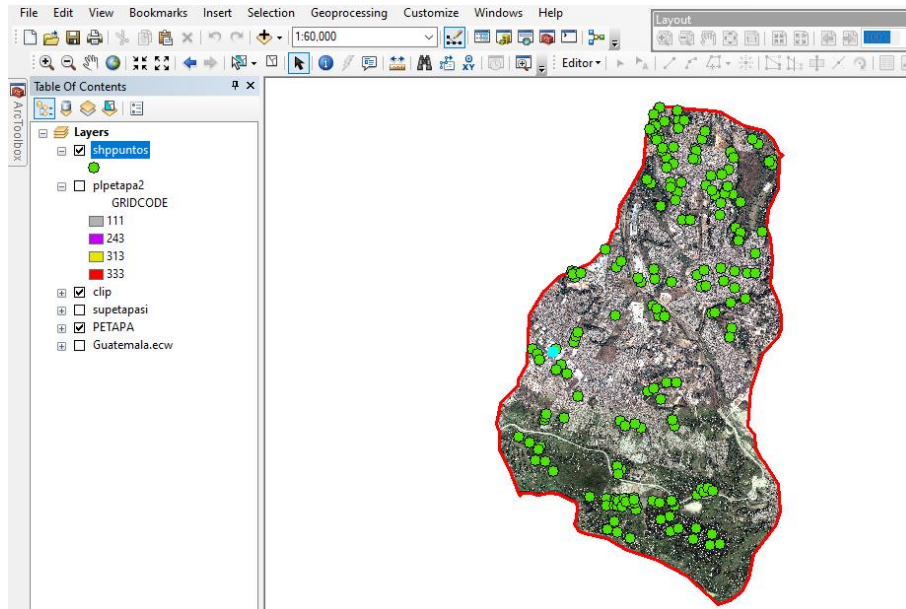
Continuación apéndice 2.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

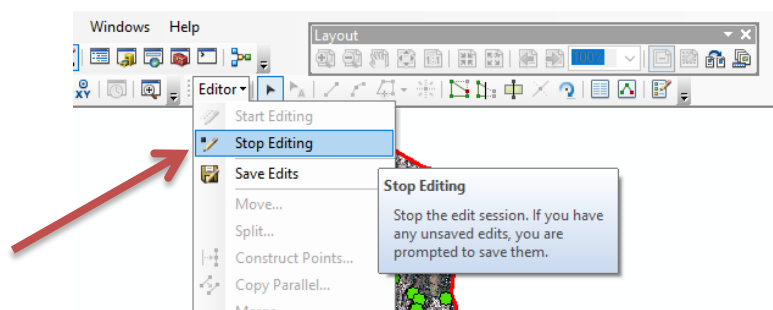
- Se repite el proceso de puntos para otro tipo de clase creando una nueva capa de puntos con un nuevo código, así hasta formar las clases que se requieran.

Continuación apéndice 2.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

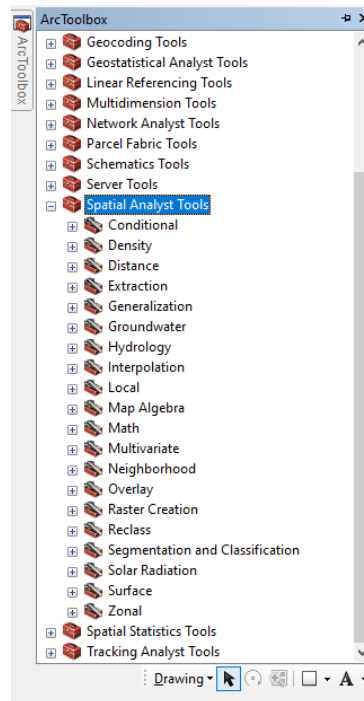
- Se para la edición y se guarda el grupo de puntos creado y se prosigue con el proceso.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

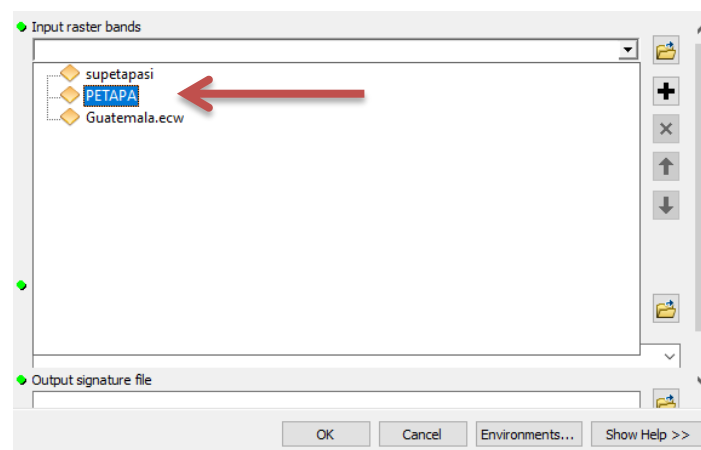
- Para realizar la clasificación supervisada se dirige a “ArcToolbox”, luego a “Spatial Analyst Tools”, en donde se creará una firma espectral en la opción “Multivariate > Create Signatures”

Continuación apéndice 2.

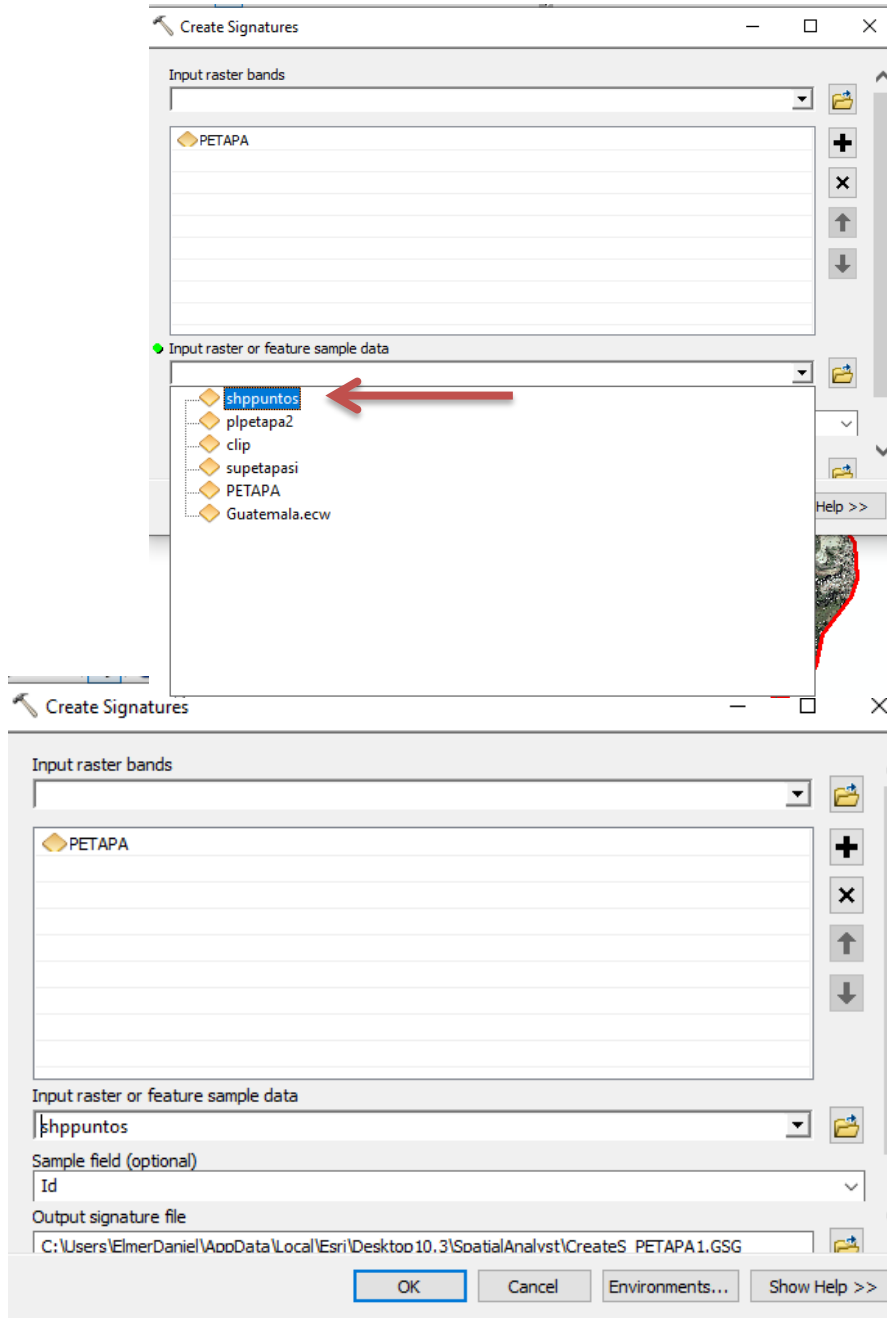


Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

- Luego generará una ventana en donde se introduce el *raster* o imagen satelital, que en nuestro caso es la imagen de San Miguel Petapa, luego el grupo de puntos con el campo de los valores numéricos de las clases y el campo que contiene los números que es el “id”.



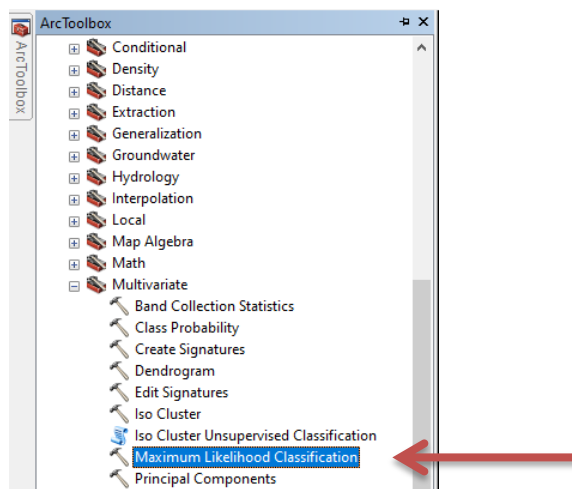
Continuación apéndice 2.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

Continuación apéndice 2.

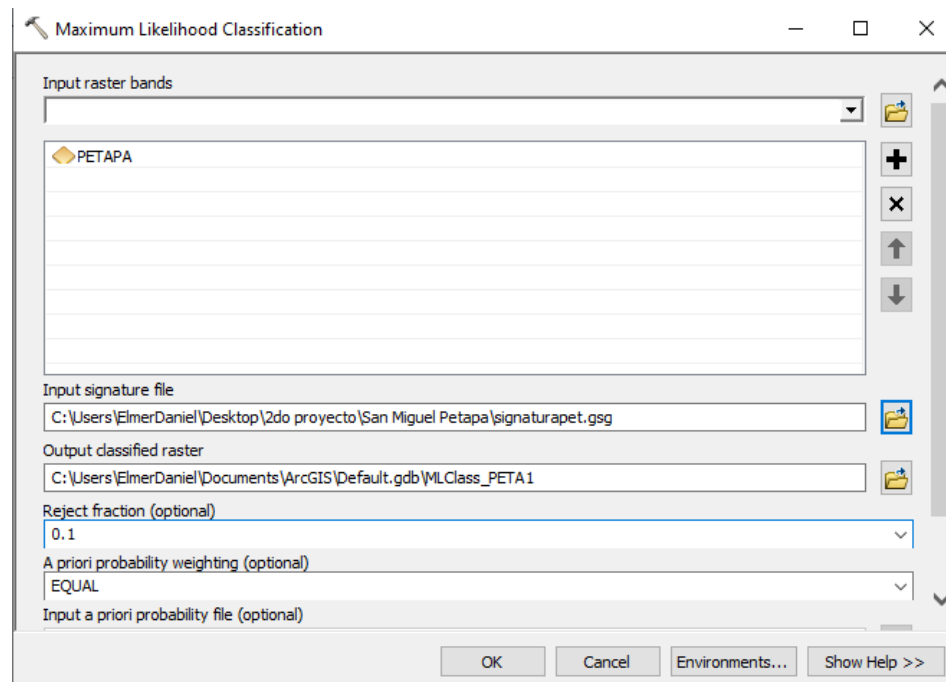
- Al darle “Ok” se generará un archivo con las firmas espectrales que tendrá una extensión “gsg”, ya teniendo la firma espectral se vuelve a dirigir a “ArcToolbox”, luego a “Maximum Likelihood Classification”.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

- Nuevamente se selecciona la imagen satelital y el archivo de la firma espectral con terminación “gsg”. Se colocará un valor de fracción que determinará el valor de cada pixel, en el proyecto se utiliza el 0.1.

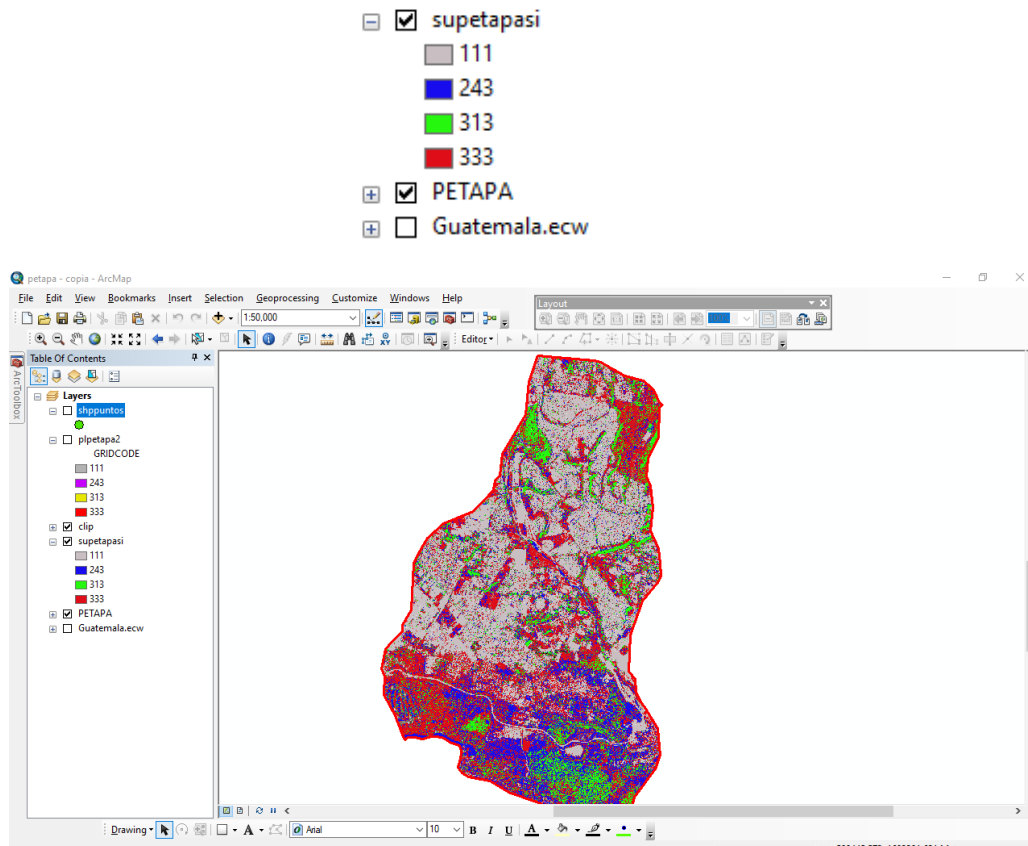
Continuación apéndice 2.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

- Se genera el mapa con las clases solicitadas tanto en los grupos de puntos como en la firma espectral, con los códigos ingresados, los cuales también pueden ser modificados y colocar del color que se guste.

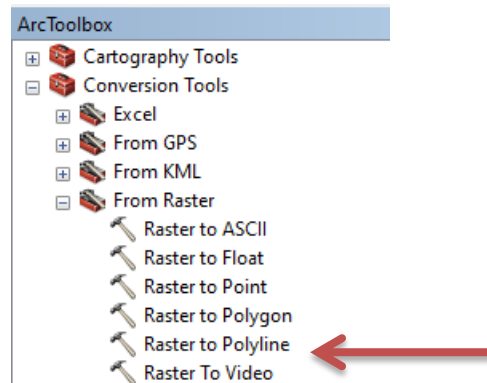
Continuación apéndice 2.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

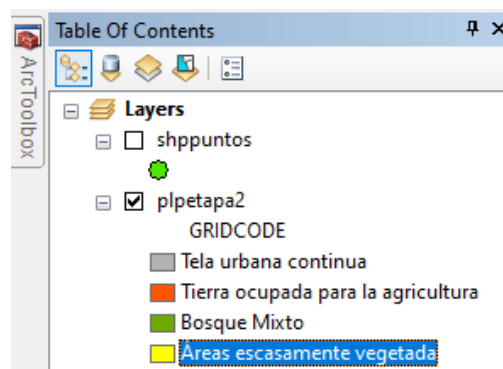
- Ya que nuestro principal objetivo era encontrar el área de cada una de las clases se procedió a convertir nuestra imagen ráster en polígonos con un documento con terminación “.shp”. Volviendo a “ArcToolbox”, en donde se encuentra la opción de convertir la imagen ráster a polígono.

Continuación apéndice 2.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

- Ya convertido nuestra imagen en polígonos se unen los polígonos que sean de la misma clase, en nuestro proyecto se estudiaron las siguientes cuatro categorías.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

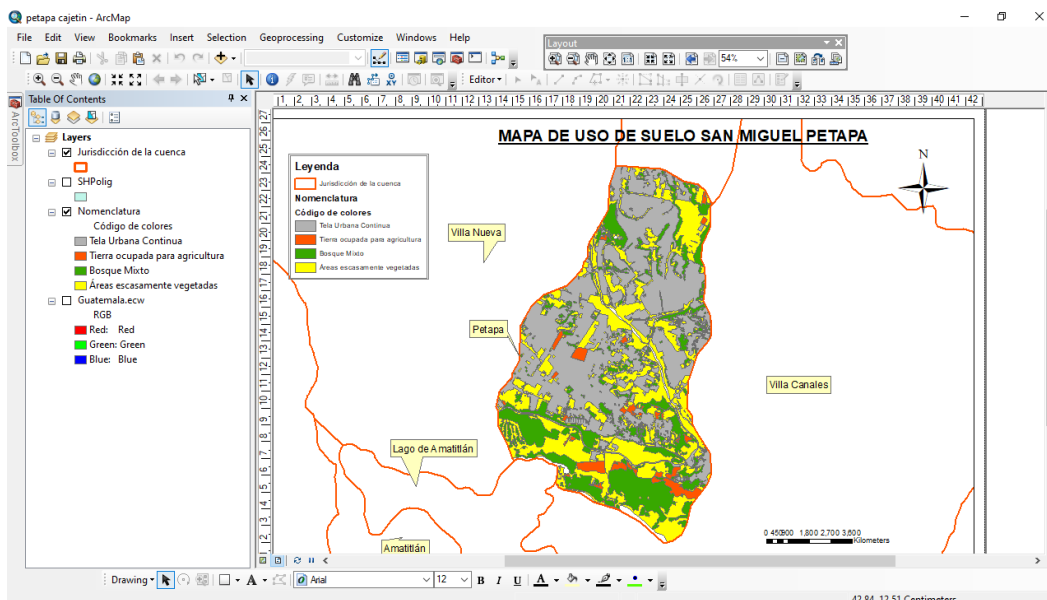
- Abriendo la tabla de atributos se puede encontrar el área en kilómetros cuadrados, y hectáreas de cada una de las categorías de estudio.

Continuación apéndice 2.

ID	GRIDCODE	Área_km2	Área_hect	GRIDCODE	NIVEL 3	
83459	333	0.000003	0.000256	333	Áreas escasamente vegetadas.	Espac
84038	111	0.000003	0.000274	111	Tela urbana continua.	Tela u
84194	111	0.000003	0.000256	111	Tela urbana continua.	Tela u
84195	333	0.000003	0.000274	333	Áreas escasamente vegetadas.	Espac
143963	333	0.000005	0.000546	333	Áreas escasamente vegetadas.	Espac
144789	313	0.043013	4.3013	313	Bosque mixto.	Bosqui
144789	313	0.010598	1.059812	313	Bosque mixto.	Bosqui
144789	313	0.996417	99.641743	313	Bosque mixto.	Bosqui
144789	313	0.005162	0.516186	313	Bosque mixto.	Bosqui
144789	313	0.022285	2.22852	313	Bosque mixto.	Bosqui
144789	313	0.257563	25.756335	313	Bosque mixto.	Bosqui
144789	313	0.278004	27.800403	313	Bosque mixto.	Bosqui
144789	313	1.744032	174.403199	313	Bosque mixto.	Bosqui
146107	111	0.001578	0.157805	111	Tela urbana continua.	Tela u
146107	111	0.000547	0.054669	111	Tela urbana continua.	Tela u
146107	111	0.000976	0.097551	111	Tela urbana continua.	Tela u
146107	111	0.002515	0.251518	111	Tela urbana continua.	Tela u
146783	243	0.005296	0.529591	243	Tierra ocupada principalmente por la agricul	Áreas
146107	111	0.000108	0.010789	111	Tela urbana continua.	Tela u
146107	111	0.003002	0.300194	111	Tela urbana continua.	Tela u
146783	243	0.683382	68.338246	243	Tierra ocupada principalmente por la agricul	Áreas
146783	243	0.005831	0.583088	243	Tierra ocupada principalmente por la agricul	Áreas
146564	333	5.09376	509.375993	333	Áreas escasamente veeotadas.	Espac

Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

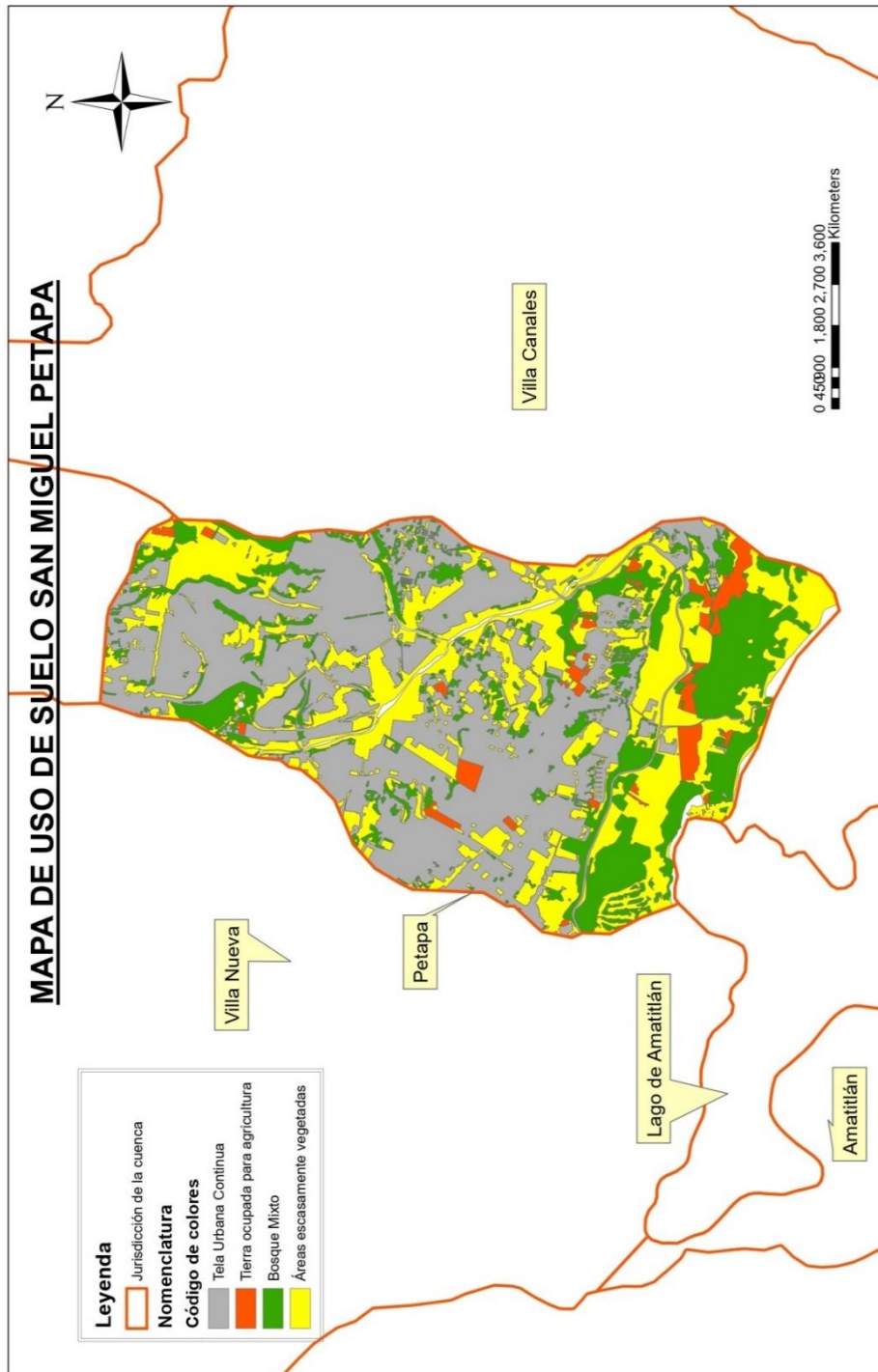
- Obteniendo un resultado final de mapa de uso de suelos del municipio de San Miguel Petapa, se realizó mismo procedimiento para el municipio de Santa Catarina Pinula.



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

Continuación apéndice 2.

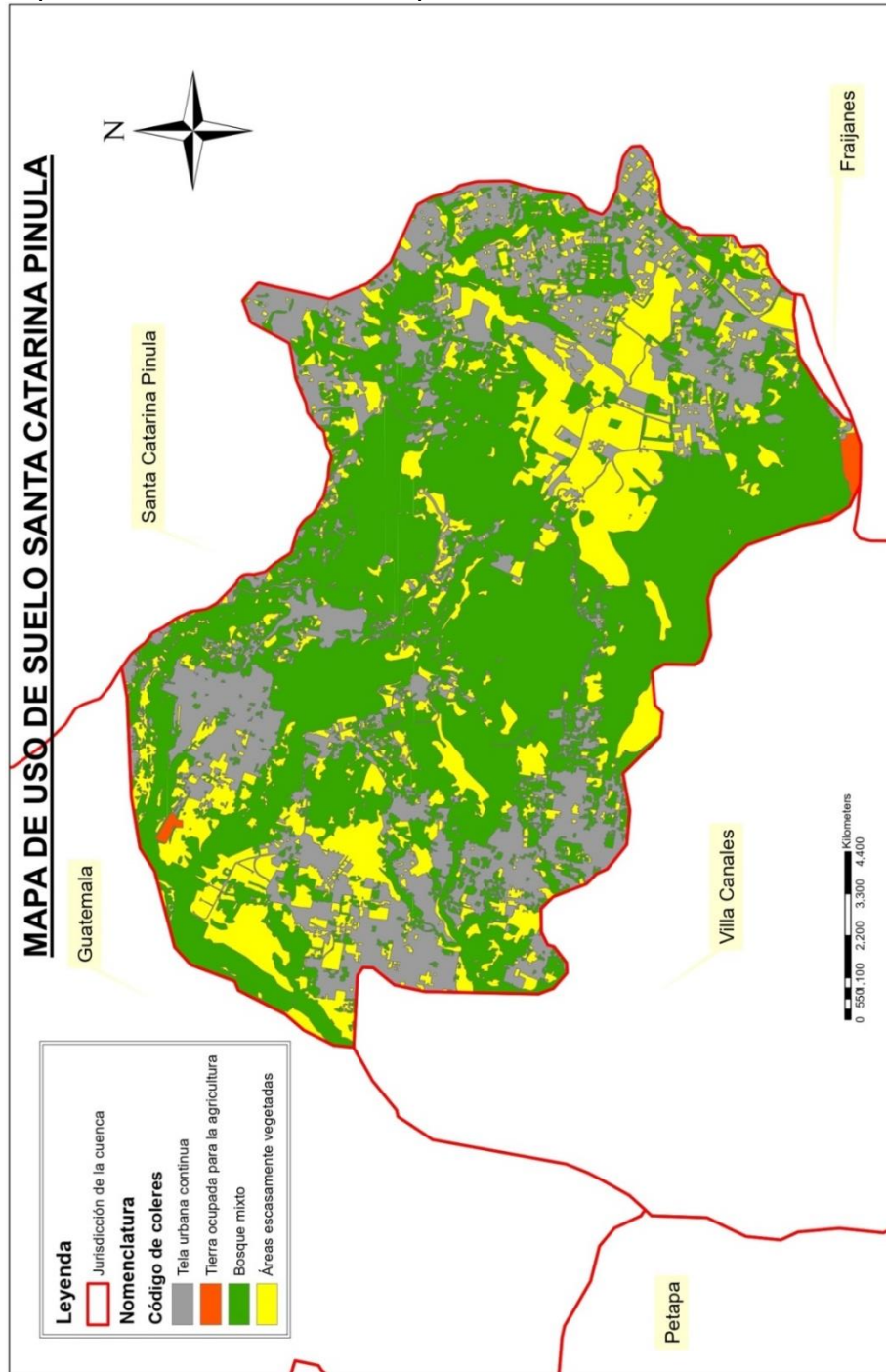
- Mapa de uso de suelos municipio de San Miguel Petapa



Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

Continuación apéndice 2.


- Mapa de uso de suelos municipio de Santa Catarina Pinula




Fuente: elaboración propia, empleando ArcGIS 10.3.

ANEXOS

A continuación, se describen los ensayos de suelos realizados para la elaboración del diseño de muro de contención de mampostería reforzada.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 229 S.S.

O.T.: 38,651

No. 13383

Interesado: Elmer Daniel Aguilar Vargas

Proyecto: EPS "Diseño de muro de contención de mampostería para puente Promacosa, Río Platanitos, San Miguel Petapa"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: San Miguel Petapa

FECHA: viernes, 22 de junio de 2018


RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	35.4	11.2	ML	Limo de color café oscuro con presencia de arena fina de consistencia dura

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

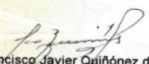
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

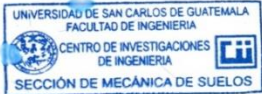



Ing. Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo.Bo.



Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC

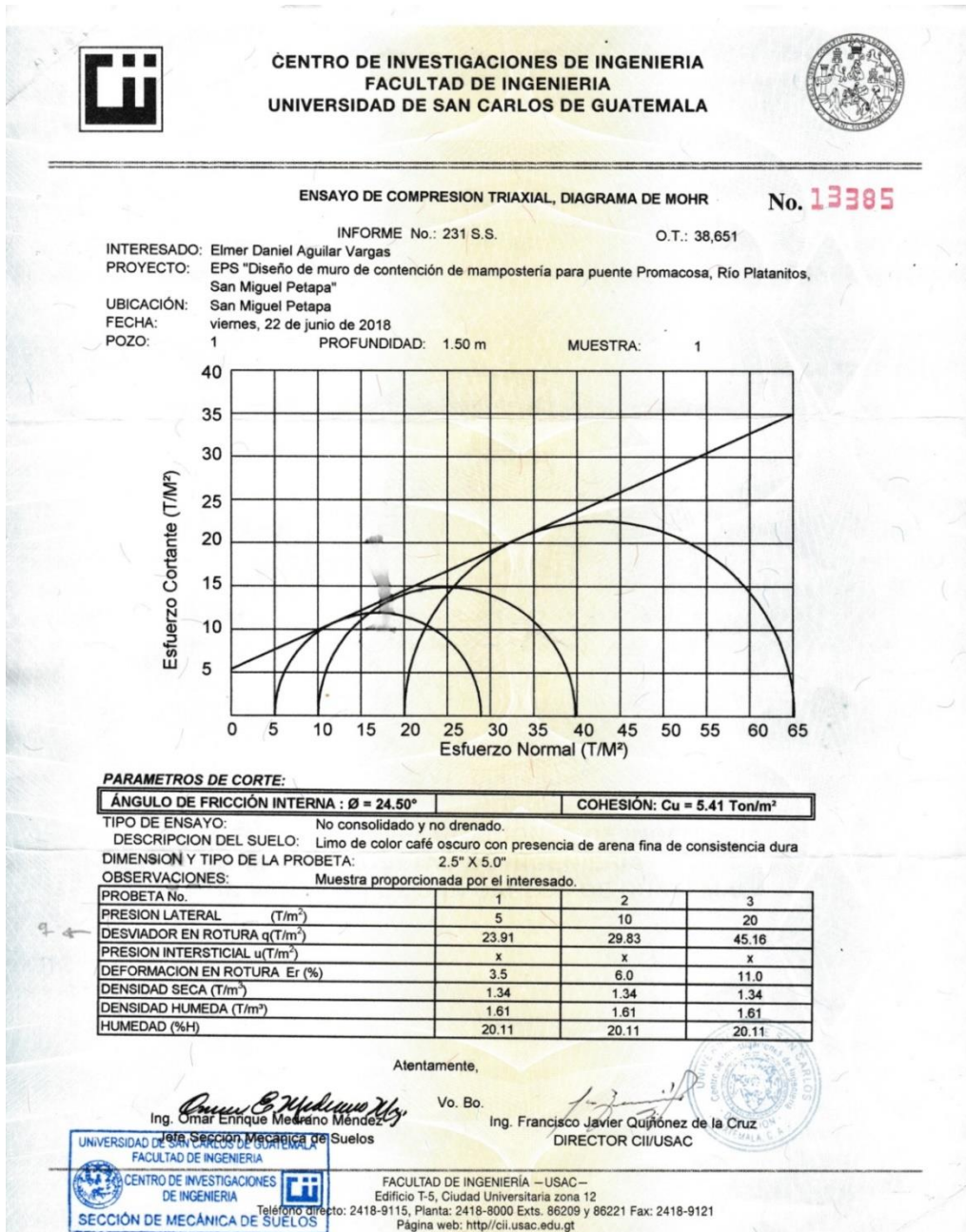



FACULTAD DE INGENIERIA – USAC –
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, datos de ensayos de suelos.

Anexo 3.

Ensayo de compresión triaxial



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, datos de ensayos de suelos.