



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEL ÁREA DE SAN
JUAN SACATEPÉQUEZ PARA DISEÑO DE CIMENTACIONES DE EDIFICIOS MAYORES A
CINCO NIVELES**

Edwin Arturo Márquez Alvarado
Asesorado por el Ing. César Enrique Paiz Paz

Guatemala, julio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEL ÁREA DE SAN
JUAN SACATEPÉQUEZ PARA DISEÑO DE CIMENTACIONES DE EDIFICIOS MAYORES A
CINCO NIVELES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDWIN ARTURO MÁRQUEZ ALVARADO
ASESORADO POR EL ING. CESAR ENRIQUE PAIZ PAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. José Mauricio Arriola Donis
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Portillo España
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
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 INVESTIGACIÓN DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEL ÁREA DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ PARA DISEÑO DE CIMENTACIONES DE EDIFICIOS MAYORES A CINCO NIVELES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 11 de noviembre de 2022.



Edwin Arturo Márquez Alvarado



EEPFI-PP-1817-2022

Guatemala, 11 de noviembre de 2022

Director
Armando Fuentes Roca
Escuela De Ingenieria Civil
Presente.

Estimado Mtro. Fuentes

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEL ÁREA DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ PARA DISEÑO DE CIMENTACIONES DE EDIFICIOS MAYORES A CINCO NIVELES**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Mecánica de suelos - Estudio de la dinámica de los suelos en la Ciudad de Guatemala, principios para un cambio de enfoque para CD. Guatemala. (esto puede desarrollarse para otros lugares)**, presentado por el estudiante **Edwin Arturo Márquez Alvarado** carné número **201314584**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en CIENCIAS en Ingeniería Geotécnica.

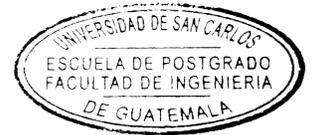
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Cesar Enrique Paiz Paz
Asesor(a)

Mtro. Armando Fuentes Roca
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Alvaréz Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

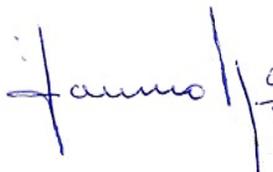




EEP.EIC.1467.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEL ÁREA DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ PARA DISEÑO DE CIMENTACIONES DE EDIFICIOS MAYORES A CINCO NIVELES**, presentado por el estudiante universitario **Edwin Arturo Márquez Alvarado**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela De Ingenieria Civil

Guatemala, noviembre de 2022





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.44.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEL ÁREA DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ PARA DISEÑO DE CIMENTACIONES DE EDIFICIOS MAYORES A CINCO NIVELES**, presentado por: **Edwin Arturo Marquez Alvarado** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Orden de impresión
Fecha: 25/07/2023 19:37:56
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, julio de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 44 CUI: 2697802700101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el pilar de mi vida y darme la fuerza y sabiduría para persistir en mis metas.
- Mis padres** Edwin Rolando Márquez Arresis y Roxana Isabel Alvarado Marcos por apoyarme en todo momento, creer en mí y ser mi mayor ejemplo de vida.
- Mis hermanas** Yesenia Márquez y Beatriz Márquez, por apoyarme, alentarme en todo momento y más en los momentos difíciles.
- Mi tío** Edgar Márquez (q. e. p. d.) por su cariño, ejemplo y estar en todo momento, siempre con una gran alegría.
- Mi familia** Porque gracias a su ejemplo de perseverancia y trabajo duro me enseñaron a ser un hombre fuerte para enfrentar la vida y tener valores de excelencia. Además de su amor a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios, la cual me lleno de conocimientos, aprendizajes de vida y muchas vivencias.

Mis amigos

Por su apoyo, cariño y compañía en todo momento, haciendo esta meta más ligera, gracias a Pablo Diaz, Marco Gonzalez, Jose Yantuche, Telma Cermeño, Lisandro López, Miguel Montejo y Xiomara Rosales.

Sory Cuellar

Por ser la mejor amiga, novia, apoyo incondicional y nunca dejarme rendirme para poder concluir esta etapa de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO	15
7.1. Mecánica de suelos	15
7.1.1. Suelo	15
7.2. Clasificación	15
7.2.1. Origen	16
7.2.2. Suelos residuales	16

7.2.3.	Suelos sedimentarios	16
7.2.4.	Tipos de suelo	17
7.2.4.1.	Gravas	17
7.2.4.2.	Arenas	17
7.2.4.3.	Limos	17
7.2.4.4.	Arcillas	18
7.2.5.	Métodos de clasificación	18
7.2.5.1.	Clasificación por tamaño de partículas	18
7.2.5.2.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)	19
7.2.5.3.	Asociación Americana de Funcionarios de Caminos Públicos (AASHTO)	20
7.3.	Ensayos de mecánica de suelos	20
7.3.1.	Métodos de ensayo	20
7.3.1.1.	Granulometría	20
7.3.1.2.	Peso unitario	21
7.4.	Cimentaciones	21
7.4.1.	Teoría	22
7.4.2.	Capacidad de carga del suelo	22
7.4.3.	Tipos de cimentaciones	22
7.4.3.1.	Cimentaciones superficiales.....	23
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DEL CONTENIDO	25
9.	METODOLOGÍA	27
10.	HIPÓTESIS	29

11.	TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	31
12.	CRONOGRAMA	33
13.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	35
14.	REFERENCIAS	37
15.	APÉNDICES	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1.	Definición operacional.....	29
Tabla 2.	Cronograma de trabajo	33
Tabla 3.	Factibilidad del estudio	35

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm²	Centímetro cuadrado
/	Dividendo
Kg	Kilogramo
<	Menor que
mm	Milímetro
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Andesitas basálticas	Roca ígnea extrusiva de origen volcánico de composición intermedia.
Asentamiento	Son cambios que se producen en las tensiones del suelo debido a la aplicación de cargas, lo que causa un movimiento horizontal descendente.
Capacidad soporte	Capacidad del suelo a soportar cargas sin que esté presente una falla.
Carga	Esfuerzo que se aplica vertical u horizontalmente al suelo sobre un área determinada.
Cimentación	Elemento estructural que tiene como función transmitir las cargas recibidas de la estructura al suelo.
Cohesión	Es la tensión máxima que puede resistir el suelo.
Diorita	Roca ígnea intrusiva producto de la cristalización que se da bajo la corteza de una manera lenta en el magma.

Granito	Roca ígnea intrusiva, la cual se forma debido a la cristalización del magma debajo de la superficie terrestre.
Granodiorita	Roca ígnea plutónica, teniendo granos a simple vista, conformada por el enfriamiento lento debajo de la superficie terrestre.
Monzonita	Roca ígnea plutónica, generalmente tiene granos gruesos de composición intermedia entre sienita y diorita.
Muestra alterada	Muestra de suelo que ha sufrido alteraciones en la estructura <i>in-situ</i> .
Muestra inalterada	Muestra de suelo que se extrae en forma de cubo y recubierta con parafina para poder conservar su estructura <i>in-situ</i> .
Permeabilidad	Propiedad del suelo que permite que un fluido pase a través de él sin alterar la estructura de la que se compone.
Pómez	Roca volcánica ligera, la cual está formada de espuma de lava solidificada con burbujas en su estructura.
Porosidad	Material que presenta poros en su estructura, espacios vacíos en la superficie del material.

Roca	Masa de materiales minerales solidificados con propiedades físicas y químicas definidas, haciendo una formación natural.
Suelo	Materia orgánica sedimentada, siendo un conjunto de conglomerados que proviene de la desintegración o alteración de la roca.
Suelo residual	Se originan cuando se produce la meteorización de la roca y este no es transportado, se acumulan en su lugar de origen.
Suelo sedimentario	Se origina cuando se produce la meteorización de la roca y ésta es transportada de su lugar de origen, siendo transportado y depositado en otro lugar haciendo un conjunto con el lugar de sedimentación.

RESUMEN

En el municipio de San Juan Sacatepéquez del departamento de Guatemala se tiene un desarrollo económico importante, por lo cual se ve la necesidad de generar construcciones adecuadas que puedan generar la actividad económica en el área.

Para el diseño de investigación se realizará una caracterización de suelo en el área céntrica del municipio, permitiendo obtener los valores del suelo que nos pueda dar las características físicas del mismo, para poder realizar diseño adecuados de cimentación según el valor soporte del suelo.

Se obtendrán muestras de suelo las cuales se analizarán en laboratorios especializados para obtener los resultados del suelo encontrado.

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación que se presenta tiene como finalidad realizar un análisis geotécnico en el área céntrica de San Juan Sacatepéquez, para conocer las características y capacidad portante del suelo para poder realizar un diseño óptimo de cimentación.

Se realizarán análisis de laboratorio en muestras de suelo para poder identificar las características físicas y mecánicas de este, por medio de ensayos de laboratorio se obtendrán los resultados. Se clasificará el tipo de suelo con el análisis de la información recopilada por medio de laboratorio.

Se realizará un diseño de cimentación adecuado para el suelo analizado en el área, esto servirá para poder tener una referencia sobre las condiciones y capacidad portante de suelo del área y tener un parámetro como base en construcciones aledañas.

2. ANTECEDENTES

En el municipio de San Juan Sacatepéquez, la construcción de edificios en la última década ha dado un impulso notable, que ha sido influenciado por el crecimiento económico que se ha presentado en el municipio. Para poder realizar proyectos se deben de tener en cuenta ciertos aspectos desde el inicio estudios de factibilidad, diseño preliminar, diseño final, presupuestos.

En el municipio se tienen diversos usos para los suelos que lo conforman, siendo la “infraestructura un total de 2,065.21 ha de un total de 28,146.41 ha del municipio” (Sandoval, 2009, p.13).

Se encuentra ubicado cerca de una cadena volcánica, por lo cual el tipo de suelo tiene mayor influencia por esta actividad, “se estima que la composición de los piroclastos corresponde a las andesitas basálticas, no obstante, el predominio de coloraciones claras (grises)” (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2013, p. 19).

La clasificación de las zonas en el país se ven afectadas por la área donde se encuentran y San Juan Sacatepéquez está en el área que se denomina Tierras Altas Volcánicas, comprende principalmente lo que se conoce como altiplano, el cual toma en cuenta tanto la porción occidental y central

Una caracterización de suelo es el primer paso para poder realizar un proyecto, “ya que ello conlleva dos características que se conjugan: seguridad y economía” (Crespo, 2004, p. 17). Debido a que es una inversión, la cual se debe proteger, realizando los estudios necesarios.

Conocer el tipo de suelo que se encuentra es de mucha utilidad debido a los procesos de meteorización “proceso de desintegración y descomposición de los materiales formadores de los suelos, causados por agentes químicos, físicos y biológicos” (Alvarado, 1985, p. 9). Los cuales pueden ser distintos según el área de estudio, por eso mismo es necesario realizar ensayos para poder clasificar los estratos que se encuentran.

El estudio geomorfológico realizado por el MAGA detalla que los suelos del departamento de Sacatepéquez, Guatemala “las características geomorfológicas del departamento de Sacatepéquez están directamente relacionadas con el origen y evolución del solevantamiento continental de Centroamérica y las continuas erupciones de los volcanes existentes en la región” (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2013, p. 20).

Para conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, es necesario realizar una evaluación de las condiciones que se presentan y establecer un diseño óptimo de cimentación. Al respecto, el geólogo Chiossi (1975), define al suelo como “el material resultante de la descomposición y desintegración de la roca por el ataque de agentes atmosféricos” (p. 85).

Con un análisis de suelo se llega a conocer el material que lo conforman debido a que puede estar formado por un suelo transportado o por la descomposición de la roca que se tiene en el lugar (suelo residual), con un análisis más profundo se conocen las características y si es ideal o se necesita un mejoramiento para diseñar la cimentación de un edificio y transmitir las cargas correctamente hacia el suelo. Una clasificación de suelo “debe estar basada en las propiedades mecánicas de los suelos, por ser estas lo fundamental para las aplicaciones ingenieriles. A la vez esta base debe ser preponderadamente cualitativa” (Badillo, 2005 p. 149).

Según la clasificación de los suelos se tienen depósitos de grava y arena derivadas de rocas intrusivas, pómez, granito, monzonita de cuarzo, granodiorita y cuarzo diorita.

Al tener la caracterización del suelo para poder conocer sus propiedades físicas y mecánicas se pueden realizar los cálculos respectivos para poder tener la capacidad soporte del suelo y en análisis de los datos obtenidos se puede realizar un diseño correcto de cimentación para poder transmitir las cargas del edificio al suelo. Para que una cimentación presente un buen diseño debe presentar dos características principales “la cimentación debe ser segura contra una falla por corte general del suelo que la soporta y la cimentación no debe experimentar un desplazamiento excesivo, es decir un asentamiento excesivo” (Das, 2001, p. 152).

La cimentación debe de diseñarse con una capacidad portante del suelo, datos que son obtenidos al momento de realizar estudios de suelos, “técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo” (Briones, 2015, p. 49).

La cimentación es la parte más importante de la estructura de un edificio debido a que esta es la parte que soporta las cargas que se transmiten del edificio al suelo, es por eso que un buen diseño de cimentación es adecuado, “las cimentaciones se diseñan para no alcanzar los estados límites últimos o de servicio” (Yespes, 2020, p. 1). Esto es importante para no poner en riesgo la integridad de la estructura y que sea capaz de soportar las cargas que se distribuyen.

Las cimentaciones se pueden clasificar en profundas y superficiales, y la elección del tipo a usar va a depender de las características del suelo donde se desea cimentar y la importancia de la estructura que se desea realizar, “el terreno influye por su capacidad portante, por su deformabilidad, por la existencia de nivel freático, por su excavabilidad o alterabilidad, entre otros” (Yepes, 2020, p. 2).

Un factor importante en el diseño de la cimentación es definir el parámetro debido a que los costos son parte importante en la ejecución de un proyecto para evitar tener un sobre costo en la construcción “el análisis y diseño de una cimentación, por capacidad de carga, se realiza a partir de parámetros de diseño provenientes del suelo y de la geometría preliminar del elemento estructural” (Sánchez, 2020, p. 1).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe la necesidad de construir un edificio de más de cinco niveles en el centro de San Juan Sacatepéquez es un municipio del departamento de Guatemala, ubicado en el occidente del país, esto se debe al crecimiento poblacional con lo cual las necesidades aumentan para el comercio y crecimiento económico, por lo que se considera una obra importante según la clasificación de AGIES.

Se desconoce el tipo de suelo que conforma la base la cimentación del edificio por lo cual se necesita realizar un estudio de suelo para poder obtener las características físicas y mecánicas de este, el valor soporte de carga y si es necesario un tratamiento previo a la construcción. Al obtener los resultados de los estudios se pueden realizar recomendaciones para la cimentación de edificios de más de 5 niveles, basándonos en el análisis adecuado de la información.

Con el valor soporte del suelo se va a determinar el tipo de cimentación óptima, acorde a las características del suelo en San Juan Sacatepéquez. El diseño de la cimentación se hará con la caracterización del suelo para poder construir un edificio de más de cinco niveles y así evitar posibles inconvenientes en el futuro.

- Pregunta general:
 - ¿Cuáles son las características mecánicas del suelo de San Juan Sacatepéquez y el método óptimo de cimentación para edificios mayores a 5 niveles?

- Preguntas específicas
 - ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas del suelo?
 - ¿Qué tipo de cimentación es adecuada para las características del suelo?
 - ¿Cuál es el diseño óptimo de cimentación?

4. JUSTIFICACIÓN

Realizar un estudio de suelo es de suma importancia para poder realizar cualquier proyecto, con esto se pueden conocer las propiedades físicas y mecánicas.

Actualmente, en San Juan Sacatepéquez no existen edificios de más de cinco niveles, por lo cual surge la necesidad de realizar una caracterización del suelo que permitirá el diseño óptimo de una cimentación.

Además, con el presente estudio se podrá dejar una referencia sobre el tipo de suelo, su caracterización y valor soporte, el cual puede ser usado como guía para poder analizar el tipo de suelo que se encuentra en el municipio y realizar diseños de cimentación en edificios futuros que se pretendan construir.

Sin dejar de lado que es necesario realizar estudios de suelo cada vez que se pretenda realizar una construcción importante debido a que se debe de conocer las características de este para poder obtener valores reales y puntuales sin poner en riesgo la inversión del proyecto.

Con esta investigación se beneficiará a la población de San Juan Sacatepéquez directamente o a cualquier persona que quiera realizar una inversión en desarrollo inmobiliario en el municipio, debido al crecimiento económico del sector. Se tendrá una caracterización de suelo, el cual se podrá utilizar en diseños futuros de proyectos de desarrollo inmobiliario.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Caracterizar las propiedades mecánicas del suelo de San Juan Sacatepéquez y establecer el método óptimo de cimentación para edificios mayores a cinco niveles.

5.2. Específicos

- Identificar las propiedades mecánicas y físicas del suelo para determinar el valor soporte de este.
- Identificar el valor soporte del suelo para determinar el tipo de cimentación óptima.
- Diseñar la cimentación adecuada para la construcción de edificios de más de 5 niveles.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El tipo de investigación según sus propósitos es aplicado porque se utilizan conocimientos y procedimientos ya establecidos para el análisis de un suelo y cimentación. Además, es de alcance descriptivo porque se realiza una caracterización del suelo puntualizando la información obtenida. Según el enfoque cuantitativo porque se debe de hacer un análisis de laboratorio, tiene que ser preciso y exacto con la información que se solicita.

La línea de investigación es mecánica de suelos porque se realizará una caracterización de suelo y se analizaran los datos obtenidos en la misma para poder conocer su formación y propiedades.

Se realizará la caracterización de un suelo, analizando las propiedades mecánicas y físicas en base a un estudio de suelo y con la información tener valores importantes como el valor soporte del suelo, asentamiento para poder realizar el diseño de una cimentación para un edificio de más de cinco niveles, beneficiando al municipio de San Juan Sacatepéquez debido a que tendrán una caracterización de suelo e información de sus propiedades físicas y mecánicas.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Mecánica de suelos

Es una rama de la ingeniería civil que se encarga del estudio de los suelos, su composición, propiedades y usos, el comportamiento de una carga sobre el suelo y la forma correcta de clasificarla, esto para poder realizar construcciones de una manera adecuada y segura. Se puede definir “como la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas” (Crespo, 2004, p. 17).

7.1.1. Suelo

Es la capa superficial que se encuentra en la parte superior de la corteza terrestre, el cual está conformado por varios tipos de rocas que se han meteorizado, transportado y sedimentado, los cuales han sufrido cambios en su estructura y al fusionarse cambian su estructura molecular. Según Juárez “La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses” (p. 34)

7.2. Clasificación

Los suelos son clasificados según su origen, tipo de suelo encontrado y se puede realizar con varios métodos de clasificación como el método sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y la Asociación Americana de Funcionarios de Caminos Públicos (AASHTO).

7.2.1. Origen

La meteorización de las rocas son las que originan los suelos, estas se pueden desintegrar por procesos físico o químicos, los cuales pueden cambiar las propiedades de los mismos. Cuando se dice que una roca sufre cambios por un proceso físico hace referencia que el clima, cambios de temperatura, organismos, el hielo, entre otros, los cuales generan el suelo. De los procesos químicos se pueden mencionar la oxidación, hidratación y carbonatación, los cuales hacen que las rocas sufran cambio por efecto del agua de lluvia, ácido carbónico y agua. “Las partículas de suelo son sólidas y no se pueden mover con la misma facilidad que los elementos de un fluido. Así pues, el suelo es intrínsecamente un sistema de partículas” (Lambe, 2004, p. 31).

7.2.2. Suelos residuales

Cuando un suelo sufre cambios en su estructura causados por la meteorización quedando estos en el lugar de origen, sobre la roca la cual ha sido sometida a los cambios y no son transportados, si no que van acumulándose.

7.2.3. Suelos sedimentarios

Los suelos sedimentarios, provienen de la meteorización de las rocas, pero estos pueden ser transportados por agentes externos como el aire, agua, hielo, entre otros. Provocando que estos se alejen del área de donde han sido originados, transportándolos y sedimentando lejos de su lugar de origen.

7.2.4. Tipos de suelo

“La República de Guatemala está directamente vinculada con la tectónica de placas y con el cinturón de fuego del Pacífico, razón por la cual presenta una gran actividad sísmica y volcánica.” (MAGA-IGAC, 2006, p. 13)

Los tipos de suelos más comunes que se pueden encontrar son los siguientes:

7.2.4.1. Gravas

Son minerales o rocas que han sufrido un cambio, el cual puede ser provocado por meteorización física, química o artificial. Las gravas son más fáciles de encontrar en ríos, los cuales hacen que las rocas se fragmentan en partículas más pequeñas.

7.2.4.2. Arenas

Son rocas que han sido desintegradas convirtiéndose en partículas finas que pueden tener un tamaño de 0.05 mm a 2 mm de diámetro, estas pueden ser encontradas de igual forma en lechos de ríos, los cuales por la acción del agua trituran la piedra hasta que esta se convierte en arena.

7.2.4.3. Limos

Son granos finos que no poseen plasticidad teniendo diámetros de 0.005 mm hasta 0.05 mm, son altamente compresibles, pero con poca permeabilidad, este tipo de suelo no es ideal para cimentar porque no posee

características para soportar cargas transmitidas por cualquier tipo de construcción.

7.2.4.4. Arcillas

Suelo que tiene diámetros menores a 0.005 mm, altamente plásticos y maleables, estos al estar en contacto con el agua cambian sus propiedades, no son ideales para cimentar, para esto se debe de realizar un tratamiento al suelo para que estos puedan soportar cargas transmitidas por estructuras.

Y las combinaciones de estos para formar suelos con diferentes características. “La corteza terrestre está formada, principalmente, por materiales conformados por sílice acompañado de otros elementos, todos en forma de óxidos e hidróxidos” (Alvarado, 1985, p.14).

7.2.5. Métodos de clasificación

El estudio de los suelos es de suma importancia para la ingeniería, debido a esto se tienen métodos de clasificación, los cuales sirven para poder determinar el tipo de suelo y según su clasificación el uso que se le puede establecer con los procedimientos adecuados. Los suelos se pueden clasificar de la siguiente manera:

7.2.5.1. Clasificación por tamaño de partículas

Esta es una clasificación simple que se obtiene haciendo una granulometría por sedimentación para luego aplicar el diagrama triangular de clasificación, creado por la Comisión del Río Mississippi. Con esto se obtiene una relación del tipo de suelo que se está estudiando, no es completo debido a que

este no da propiedades de los suelos, teniendo la carencia de las propiedades físicas como la cohesión, permeabilidad, porosidad, entre otros.

7.2.5.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Este sistema clasifica los suelos en finos y gruesos, estos pasan por un tamiz para a través de una malla 200. Para esta clasificación se considera como suelo grueso cuando el 50 % o más de su volumen lo conforman y un suelo fino cuando esto mismo sucede.

Los suelos principales se identifican con letras de la siguiente manera:

- G = grava
- S = Arena
- M = Limos
- C = Arcillas
- O = Suelos orgánicos
- W = Bien gradada
- P = Mal gradada

La combinación de estos suelos resulta en varios grupos de suelos que se clasifican en este método siendo alguno de estos lo siguientes: GW, SW, GP, SP, GM, SM, GC, SC, ML, CL, OL, entre otros.

7.2.5.3. Asociación Americana de Funcionarios de Caminos Públicos (AASHTO)

Esta clasificación se determina con ensayos de laboratorio, calculando los límites líquidos, plásticos, índice de plasticidad, granulometría. Esta clasificación se realiza por los porcentajes de suelo que pasan en el tamiz No. 10, No.40, No. 200

7.3. Ensayos de mecánica de suelos

Para poder realizar ensayos de laboratorio de suelos es necesario realizar una visita de campo, donde se procede a realizar un recorrido en el área, posterior se procede a la toma de muestras alteradas e inalteradas para su respectivo ensayo en el laboratorio.

7.3.1. Métodos de ensayo

Existen diferentes métodos de ensayo para los suelos, los cuales se pueden realizar in-situ como un ensayo de penetración estándar (SPT), ensayo de presión estática (CPT), ensayo de plano de carga. También se realizan ensayos en laboratorio como es granulometría, peso unitario, compactación, entre otros.

7.3.1.1. Granulometría

Debido a la meteorización de las rocas, estas cambian de tamaño los cuales son variables, esto es lo que conforma el suelo, pueden llegar a tener hasta 0.001 mm de diámetro, hasta llegar a tener diámetros mucho más grandes.

El ensayo de granulometría nos permite realizar la separación de las partículas de suelo que poseen el mismo tamaño para poder determinar el porcentaje de cada una de ellas en la muestra de suelo que se está analizando.

El porcentaje de los diferentes tamaños de suelo se obtiene al momento de obtener el material que pasa a través del tamiz y las partículas que quedan atrapadas en este. El tamiz está conformado por bastidores de bronce o acero inoxidable. “El número del tamiz, los micrones, la apertura nominal en milímetros y pulgadas están escritos en una placa de metal permanente pegada en cada tamiz” (Hernández, 2008, p. 118). Para el tamizado de suelo se debe cumplir la norma ASTM E11.

7.3.1.2. Peso unitario

Con este ensayo se pueden calcular datos de una muestra de suelo, según el contenido de humedad del suelo, se pueden calcular pesos unitarios secos, húmedos y saturados. El peso unitario se define como “la masa de un volumen unitario de suelo, en la cual el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas” (Botía, 2015, p. 32)

Con este ensayo se pueden obtener datos, con el propósito de calcular diferentes propiedades del suelo, los cuales sirven para el análisis del mismo, los usos o mejoramientos que puede tener.

7.4. Cimentaciones

Elemento estructural en la parte inferior de la estructura, la cual tiene como función el transmitir las cargas recibidas al suelo.

7.4.1. Teoría

La cimentación es la parte de la estructura que transfiere la carga hacia el suelo que se encuentra debajo de ésta, es la parte más baja y la más importante de toda estructura. “Una cimentación diseñada adecuadamente es una que transfiere la carga a lo largo del suelo sin sobrecargarlo” (Das, 2001, p. 478). Si un suelo supera su capacidad portante puede llegar a causar daños a la estructura, debido a esto es necesario calcular la capacidad portante del suelo y conocer sus características para poder tener un diseño óptimo de cimentación.

7.4.2. Capacidad de carga del suelo

Una cimentación está sometida a cargas, las cuales son aplicadas con un factor de seguridad con el fin de evitar daños o fallas en la estructura que carga, a esto se le denomina carga admisible.

La cimentación se diseña en base a la carga admisible, el tipo de cimentación a utilizar y el factor de seguridad de diseño. “Las fallas por capacidad de carga se presentan debido a la rotura por corte del suelo bajo la cimentación” (Nij, 2009, p. 29).

7.4.3. Tipos de cimentaciones

Una cimentación se clasifica en función de su profundidad, determinado por el tipo de suelo donde se desea cimentar, el tipo de carga y la estructura que se desea construir. Existen diferentes tipos de cimentación que se pueden usar como: viga de cimentación, losa de cimentación, zapata, pilotes, zapata aislada, entre otros.

7.4.3.1. Cimentaciones superficiales

Este tipo de cimentaciones se encuentra a poca profundidad del suelo “suelen ser las más utilizadas, especialmente en el ámbito de la edificación, pues presentan un menor coste por carga soportada y una mayor facilidad de ejecución” (Yepes, 2020, p. 7). Se debe conocer el tipo de suelo para este tipo de cimentación, debido a que no se puede cimentar sobre suelos orgánicos, rellenos no controlados, capas vegetales, entre otros. Por lo tanto, se debe de cimentar sobre suelos capaces de transmitir las cargas al suelo y tener la adecuada capacidad de soporte.

Deben de tener una relación $D/B < 4$ y no exceder los 5 metros de profundidad para que se considere una cimentación superficial. Se consideran a las zapatas aisladas, corridas, continua, losas de cimentación como una cimentación superficial.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DEL CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ilustraciones

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes

1.2. Justificación

1.3. Alcances

1.4. Marco teórico

2. CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Conceptos generales

2.2. Características del suelo

2.3. Toma de muestras

2.4. Análisis de muestras

2.5. Clasificación del suelo

2.6. Ensayos de laboratorio

2.7. Resultado de análisis

2.8. Cálculo de resultados

- 2.9. Pruebas de corte directo
- 2.10. Capacidad portante de carga
- 2.11. Factor de seguridad
- 2.12. Cimentaciones
- 2.13. Tipo de cimentación
- 2.14. Diseño de cimentación

3. RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

El título de la investigación es *Caracterización del suelo del área de San Juan Sacatepéquez para diseño de cimentaciones de edificios mayores a cinco niveles*.

El tipo de investigación es no experimental, realizando una visita de campo en el lugar donde se realizará el estudio, tomando las muestras adecuadas para su respectivo análisis en el laboratorio. En un lapso corto de tiempo se realizará la evaluación de los resultados obtenidos.

Para la obtención de muestras se realizará una obtención de muestras inalteradas y pruebas *in situ* con el equipo de laboratorio que realizarán los análisis de las muestras. Se tomarán muestras inalteradas para su respectivo análisis en laboratorio y muestras alteradas para ensayos de granulometría, porcentaje de humedad, peso específico, entre otros.

En el área a analizar se realizará una exploración subsuperficial, realizando dos pozos a cielo abierto de 15 metros de profundidad, tomando la muestra inalterada cerrándola y protegiéndola con parafina para su resguardo.

Se determinará la característica y valor del suelo como: peso específico, porcentaje de humedad, peso del suelo húmedo, porosidad, ángulo de fricción, cohesión para poder determinar el valor soporte del suelo del área de estudio. Se efectuará el ensayo de corte directo rápido no drenado y no consolidado.

Luego de la obtención de datos del laboratorio se procede a realizar los cálculos necesarios basado en la teoría de suelos y cimentaciones, para poder obtener el valor soporte del suelo, luego de obtener la capacidad portante se procede a seleccionar el tipo de cimentación adecuado.

Seleccionando el tipo de cimentación adecuado según las necesidades, se procederá a realizar el diseño, presentando el resultado y descripción de la cimentación propuesta para el valor soporte obtenido del análisis y resultados de la clasificación y estudio de suelos.

- Fases de la investigación
 - Fase 1: visita de campo y exploración de área para toma de muestras.
 - Fase 2: perforación de dos pozos a cielo abierto.
 - Fase 3: toma de muestras inalteradas con la protección de parafina para resguardar el suelo extraído, toma de muestras alteradas.
 - Fase 4: transporte de muestras de suelo a laboratorio.
 - Fase 5: análisis de muestras de suelo en laboratorio.
 - Fase 6: obtención de resultados de muestras de suelo.
 - Fase 7: análisis de resultados del suelo, con los valores proporcionados por el laboratorio.
 - Fase 8: selección de cimentación adecuada, con el análisis de los resultados y cálculos realizados en base a la teoría.
 - Fase 9: diseño de cimentación con el valor soporte de suelo obtenido.
 - Fase 10: presentación de resultados finales, clasificación de suelo, valor soporte y diseño de cimentación obtenido.

10. HIPÓTESIS

El tipo de suelo que se encuentra en San Juan Sacatepéquez es de origen volcánico, por lo cual se puede encontrar un suelo apto con un valor soporte de 25kg/cm², por el tipo de suelo que se encuentra en el área se recomienda realizar un diseño de cimentación superficial, por la baja presencia de orgánicos en el suelo presente.

Tabla 1.

Definición operacional

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Medición de variables	de
Suelo	Es la capa superficial que se encuentra en la parte superior de la corteza terrestre, el cual está conformado por varios tipos de rocas que se han meteorizado, transportado y sedimentado	Clasificación de suelo Inspección visual	Límites de consistencia Granulometría	de
Valor soporte	Es el valor de carga que puede ser aplicada sin que esta provoque desperfectos en la estructura que le transmite las cargas y que exista algún cambio en la estructura del suelo	Peso húmedo Peso seco Peso específico Ángulo de fricción	Corte directo rápido no drenado y no consolidado	
Cimentación	“Una cimentación diseñada adecuadamente es una que transfiere la carga a lo largo del suelo sin sobrecargarlo.” (Das, 2001, p. 478).	Carga admisible	Carga total dimensiones	

Nota. Variables para el proceso de investigación. Elaboración propia, realizada con Excel.

11. TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se utilizará la herramienta de Microsoft Excel y Mathcad para el procesamiento de datos y obtención de resultados.

Con los datos obtenidos se calcularán los parámetros del conjunto de datos, utilizando la estadística descriptiva para analizar de forma cuantitativa con medidas de tendencia central con los datos recopilados para poder realizar el cálculo de la capacidad portante del suelo.

12. CRONOGRAMA

Tabla 2.

Cronograma de trabajo

No.	Descripción de actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Protocolo																																
2	Visita técnica																																
3	Localización de área																																
4	Toma de muestra de suelo																																
5	Transporte de muestras de suelo a laboratorio																																
6	Análisis de resultados de laboratorio																																
7	Obtención de resultados de laboratorio																																
8	Clasificación de suelo																																
9	Cálculo de resultados																																
10	Cálculo de capacidad portante																																
11	Tabla de resultados																																
12	Elección de cimentación																																

Continuación de la tabla 2.

No.	Descripción de actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
13	Diseño de cimentación								
14	Finalización de informe								
15	Finalización de trabajo								

Nota. Detalle de cronograma para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

A continuación, se presenta una tabla de factibilidad del estudio presentado, detallando cada uno de los gastos que se incurrirá al realizar el proyecto, tomando en cuenta que se tiene la disponibilidad presupuestaria para la realización de dicho trabajo.

Tabla 3.

Factibilidad del estudio

No.	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Total
1	Servicio de asesoría	Q. 2,500.00	1	Q. 2,500.00
2	Visita de campo	Q. 1,500.00	2	Q. 3,000.00
3	Combustible	Q. 2,500.00	1	Q. 2,500.00
4	Toma de muestra	Q. 1,500.00	5	Q. 7,500.00
5	Análisis de laboratorio	Q. 20,000.00	1	Q. 20,000.00
6	Gastos administrativos	Q. 3,000.00	1	Q. 3,000.00
7	Gastos académicos	Q. 5,000.00	1	Q. 5,000.00
8	Recurso humano	Q. 5,000.00	1	Q. 5,000.00
			TOTAL	Q. 48,500.00

Nota. Detalle del presupuesto para la realización del proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.

14. REFERENCIAS

- Alvarado, A. (1985). *El origen de los suelos*. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.
- Badillo, E. (2005). *Mecánica de suelos, tomo 1, fundamentos de la mecánica de suelos*. Editorial Limusa.
- Botía, W. (2015). *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nueva Granada]. Archivo digital. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=5BBA75C6AD2FB8A5DF60918A16E84D5A?sequence=1>
- Briones, M. (2015). *Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo lucmacucho alto-sector lucmacucho, distrito de Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Archivo digital. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6679>
- Chiossi, J. (1975). *Geología aplicada a ingeniería*. Editorial Usp.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Editorial Limusa.

Das, M. (2001). *Principios de ingeniería de cimentaciones*. International Thomson Editores.

Hernández, J. (2008). *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. https://www.academia.edu/8077236/CARACTER%C3%8DSTICAS_F%C3%8DSICAS_Y_PROPIEDADES_MEC%C3%81NICAS_DE_LOS_SUELOS_Y_SUS_M%C3%89TODOS_DE_MEDICI%C3%93N

Lambe, W. (2004). *Mecánica de suelos*. Editorial Limusa.

Lee, K. (1983). *Geotechnical engineering*. Editorial Pitman.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2006). *Primera Aproximación al Mapa de Clasificación Taxonómica de los Suelos de la República de Guatemala, escala 1:250,000*. <https://www.maga.gob.gt/download/clasificacion-suelo.pdf>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2013). *Estudio Semidetallado de los Suelos del Departamento de Sacatepéquez, Guatemala*. <https://www.maga.gob.gt/download/suelos-sac.pdf>

Nij, J. (2009). *Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas*. [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://docplayer.es/7629856-Guia-practica-para-el-calculo-de-capacidad-de-carga-en-cimentaciones-superficiales-losas-de-cimentacion-pilotes-y-pilas-perforadas.html>

Sánchez, J. (2020). *Determinación estadística de parámetros de diseño en cimentaciones superficiales*. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1, 1-16. <http://www.reibci.org/publicados/2020/jul/3800111.pdf>

Sandoval, C. (2009). *Descripción de la actividad productiva forestal en San Juan Sacatepéquez, Guatemala*. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.

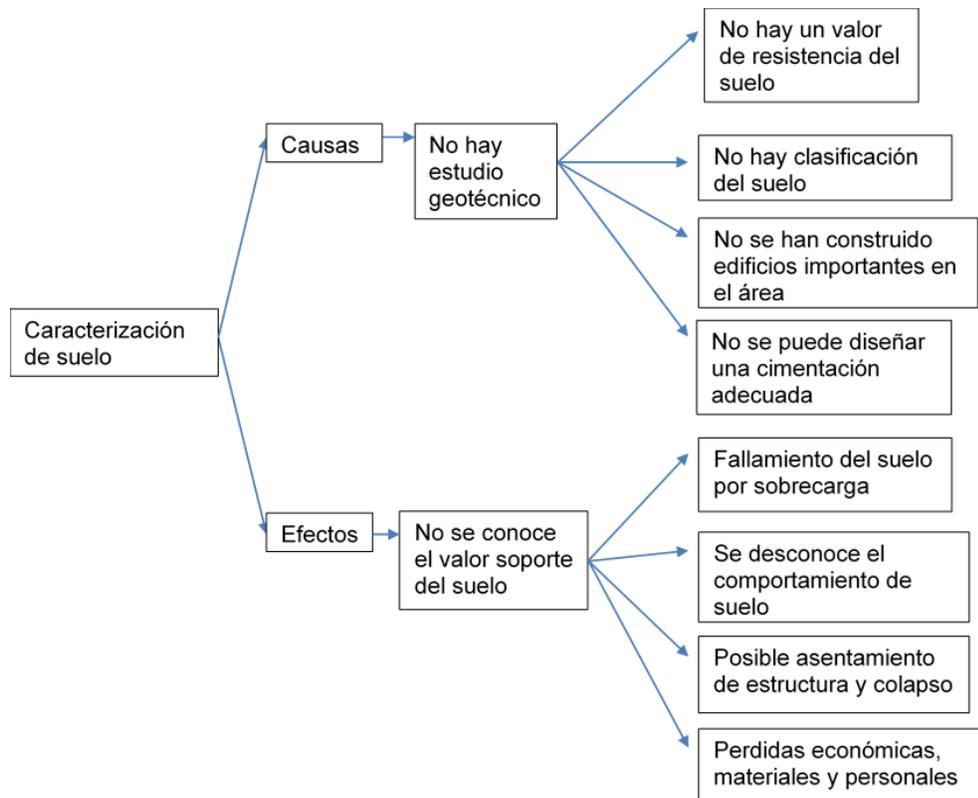
Terzaghi, K. (1978). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. Editorial El Ateneo, S.A.

Yepes, P. (2020). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

15. APÉNDICES

Apéndice 1.

Árbol de problema



Nota. Árbol de problemas del trabajo de investigación. Elaboración propia, realizado en Word.

