



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE TRES BANCOS DE
MATERIAL UBICADOS EN LA ZONA CENTRAL DEL MUNICIPIO DE PLAYA GRANDE
IXCÁN, ZONA NORTE DE QUICHÉ, PARA DETERMINAR SU USO**

Andrés Estéban Quiroa Monterroso

Asesorado por el MSc. Ing. Erick José Rodas Aldana

Guatemala, noviembre de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE TRES BANCOS DE
MATERIAL UBICADOS EN LA ZONA CENTRAL DEL MUNICIPIO DE PLAYA GRANDE
IXCÁN, ZONA NORTE DE QUICHÉ, PARA DETERMINAR SU USO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANDRÉS ESTÉBAN QUIROA MONTERROSO
ASESORADO POR EL MSC. ING. ERICK JOSÉ RODAS ALDANA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE 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 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. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Inga. Mayra Rebeca García Soria
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 LA CARACTERIZACIÓN DE TRES BANCOS DE MATERIAL UBICADOS EN LA ZONA CENTRAL DEL MUNICIPIO DE PLAYA GRANDE IXCÁN, ZONA NORTE DE QUICHÉ, PARA DETERMINAR SU USO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 29 de abril de 2020.

Andrés Estéban Quiroa Monterroso

Ref. **EEPFI-524-2020**
Guatemala, 29 de abril de 2020

Director
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Escuela de Ingeniería Civil
Presente.

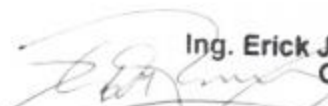
Estimado Ing. Aguilar:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: CARACTERIZACIÓN DE TRES BANCOS DE MATERIAL UBICADOS EN LA ZONA CENTRAL DEL MUNICIPIO PLAYA GRANDE IXCÁN, ZONA NORTE DE QUICHÉ, PARA DETERMINAR SU USO**, presentado por el estudiante **Andrés Esteban Quiroa Monterroso** carné número **201503969**, 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"


Ing. Erick José Rodas Aldana
Col. 6,766
Mtro. Erick José Rodas Aldana
Asesor


Mtro. Armando Fuentes Roda
Coordinador de Área de Infraestructura




Mtro. Edgar Darío Álvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

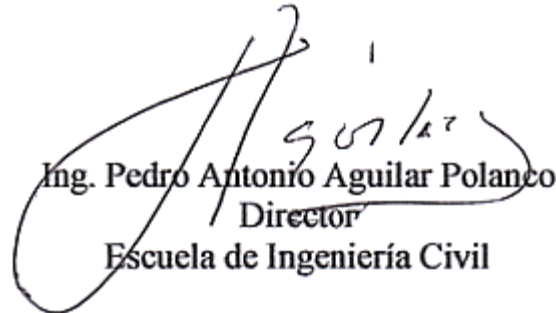




EEP-EIC-014-2020

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **CARACTERIZACIÓN DE TRES BANCOS DE MATERIAL UBICADOS EN LA ZONA CENTRAL DEL MUNICIPIO PLAYA GRANDE IXCÁN, ZONA NORTE DE QUICHÉ, PARA DETERMINAR SU USO**, presentado por el estudiante universitaria Andrés Esteban Quiroa Monterroso, 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



Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, mayo de 2020



DTG. 447.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE TRES BANCOS DE MATERIAL UBICADOS EN LA ZONA CENTRAL DEL MUNICIPIO DE PLAYA GRANDE IXCÁN, ZONA NORTE DE QUICHÉ, PARA DETERMINAR SU USO**, presentado por el estudiante universitario: **Andrés Estéban Quiroa Monterroso**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, noviembre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi proveedor de vida, de amor infinito, de misericordia, mi guía, la fuente infinita de sabiduría, el refugio más seguro en los momentos difíciles y porque he visto su gracia en mi vida.

Mis Padres

Silvia Monterroso y Alfredo Quiroa por brindarme una vida llena de amor, entrega, motivación y fe, porque concluir esta meta es un sueño compartido. Gracias por el apoyo incondicional, sus consejos, su motivación y enseñarme el valor de perseverar en la vida. Porque su ejemplo de humildad, de servicio, perseverancia, trabajo y confianza en Dios los atesoro en mi corazón.

Mis abuelitas

Por ser los pilares más importantes de mi familia, con su ejemplo y dedicación, aprendimos el valor del trabajo honrado y la fuerza de la unión familiar.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por cada bendición recibida, ser mi luz y fortaleza; por darme la sabiduría, la alegría y la satisfacción de poder culminar esta etapa de vida junto a las personas que amo. Toda la honra para El.
Mis papas	Por ser mi guía, mi luz y mi inspiración. Por regalarme lo mejor de ustedes y lo que han sembrado para formarme como la persona que soy en día, por enseñarme que el amor más grande es el de los padres y que la paciencia en el proceso de enseñanza como hijo, fue infinita.
Mis hermanos y hermanas	Por su amor, su apoyo, sus consejos; por exhortarme seguir adelante
Mis tías	Por su amor, su apoyo, sus consejos; por exhortarme seguir adelante
Mi familia	Por todo su cariño y estar presente en cada momento.

Mis amigas y amigos

A cada uno de ellos por nombre, por todos las ilusiones y los buenos momentos que compartimos en este caminar que marcaron grandes lecciones de vida. Porque compartimos el mismo sentir de lograr esta meta y porque la vida no sería la misma sin su ejemplo, su amistad, su apoyo, su cariño y su alegría, es una bendición haber coincidido con ustedes.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala y
Facultad de Ingeniería**

Por ser mi alma mater, por los valores y la formación como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3.1. Pregunta central.....	12
3.2. Preguntas auxiliares.....	12
4. JUSTIFICACIÓN.....	15
5. OBJETIVOS.....	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos.....	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMAS DE SOLUCIÓN.....	19
6.1. Beneficiarios.....	19
6.2. Usuarios.....	20
7. MARCO TEÓRICO.....	21
7.1. Bancos de material.....	21

7.2.	Tipos de bancos de material.....	21
7.2.1.	Canteras.....	21
7.2.1.	Bancos de arrastre	22
7.3.	Localización de los bancos de material	23
7.4.	Aplicaciones de los materiales de los bancos	24
7.4.1.	Infraestructura de vías.....	25
7.4.2.	Materia prima para construcción de edificios y elementos de mampostería	26
7.4.3.	Minerales industriales.....	26
7.5.	Exploración y muestreo de suelos	27
7.5.1.	Métodos directos de exploración y muestreo.....	28
7.5.2.	Métodos indirectos	31
7.6.	Caracterización de materiales	31
7.6.1.	Mecánica de suelos.....	31
7.6.1.1.	Ensayos en laboratorio	32
7.7.	Usos del material caracterizado de los bancos en la ingeniería y sus requerimientos	38
7.7.1.	Uso como suelo para base, subbase.....	39
7.7.2.	Uso como carpeta de rodadura de caminos de terracería (Capa de balasto).....	39
7.7.3.	Uso como material de relleno para terrazas o rellenos estructurales	40
7.7.4.	Uso como agregado fino, para obras edificatorias	40
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	41
9.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
9.1.	Fase 1: trabajo de gabinete. Revisión bibliográfica.....	47

9.2.	Fase 2: trabajo de campo. Exploración y muestreo.....	47
9.3.	Fase 3: trabajo de laboratorio	47
9.4.	Fase 4: trabajo de gabinete. Análisis y comparación de valores de propiedades obtenidas con las requeridas.....	49
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	51
11.	CRONOGRAMA.....	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	55
12.1.	Recurso humano.....	55
12.2.	Recurso financiero	55
12.3.	Recurso tecnológico	56
12.4.	Permisos y acceso a la información	56
13.	REFERENCIAS.....	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Bancos de material de cantera.....	22
2.	Bancos de material de arrastre	23
3.	Compactación en la obra vial de una mina.....	25
4.	Puente Jucar, Cuenca, España.....	26
5.	Fábrica de cemento	27
6.	Ejemplo de PCA.....	28
7.	Ejemplo de SPT	29
8.	Correlación entre el número de golpes para 30 cm de penetración estándar y el ángulo de fricción interna de arenas	30
9.	Procedimiento de ensayo de granulometría	33
10.	Ensayo de Límite Líquido.....	34
11.	Ensayo de Límite Plástico	35
12.	Ensayo de gravedad específica	36
13.	Ensayo de proctor estándar compactación del material	37
14.	Ensayo de CBR.....	38
15.	Cronograma del trabajo de investigación	53

TABLAS

I.	Inversión	57
----	-----------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
Kg	Kilogramos
Kg/m³	Kilogramo/metro cúbico
Kg/cm³	Kilogramo/centímetro cúbico
Mm	Milímetros

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
Análisis	Estudio minucioso de un asunto.
Arcilla	Tierra constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados.
ASTM	American Society of Testing Materials.
Balasto	Capa de grava o material selecto que se extiende sobre un terreno y generalmente se utiliza como carpeta de rodadura para carreteras no pavimentadas.
Base de carretera	Capa de material suelo o material de recuperación procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la sub rasante y la carpeta de rodadura.
Calidad	Cumplimiento de especificaciones establecidas para garantizar la aptitud de uso.

Caliza	Roca sedimentaria formada principalmente por carbonato de calcio y que se caracteriza por presentar efervescencia por acción de los ácidos diluidos en frío.
Clasificación	Es la acción de organizar o situar algo según una determinada directiva.
COGUANOR	Comité Guatemalteco de normas.
Compactación	Aumento de la densidad del material que compone un terreno.
Cotejo	Se refiere al hecho de examinar y comparar dos cosas para apreciar sus semejanzas y diferencias.
Escala	Serie de elementos de la misma especie o con características comparables entre sí, ordenados gradualmente en función de algunas de sus características o cualidades.
Especificación técnica	Documentos en los cuales se definen las normas, exigencias, tipos de materiales y procesos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras.

Indicador	Es una expresión cualitativa o cuantitativa observable, que permite describir características, comportamientos o de un proceso, es utilizada para dar seguimiento y ajustar las acciones del proceso emprende para alcanzar el cumplimiento de su misión, objetivos y metas.
Materia prima	Son los materiales naturales sin procesar.
Material triturado	Material el cual sufrió un proceso de molienda o continua ruptura con el objeto de reducir su tamaño y obtener partículas con tamaños definidos.
Relleno	Trabajo que se realiza con el fin de elevar la cota del perfil natural del terreno, o restituir dicho nivel después de haberse realizado una excavación.
Roca	Material compuesto de minerales asociados de manera natural que en cantidades considerables forma parte de la masa terrestre.
Sub base de carretera	Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra entre la sub rasante y la capa base de una carretera.

Suelo

Desde el punto de vista de construcción, es el sustrato físico sobre el cual se realizan las obras, además se considera un material con el cual se pueden realizar obras, del cual importan las propiedades físico-mecánicas, pero principalmente, las mecánicas.

RESUMEN

La calidad de las obras de ingeniería depende de una diversidad de factores, los cuales se derivan de dos aspectos principales que son, por un lado los procesos constructivos adecuados y bien aplicados, y por el otro lado, la calidad de los materiales utilizados en la obra.

El municipio de Playa Grande Ixcán se encuentra en un proceso de desarrollo que ha ido creciendo de forma acelerada en los últimos años, por lo tanto surge la necesidad de obras civiles de mayores magnitudes, pero cuando se piensa en obras relativamente más grandes o mejores elaboradas, se debe pensar en uno de los ejes más importantes, como ya se mencionó, la utilización de materiales de buena calidad.

Tener la certeza de que se están utilizando materiales de buena calidad, significa que dichos materiales, hablando específicamente aquellos que son extraídos de bancos de préstamo o bancos de materiales pétreos, han sido analizados, y mediante ese proceso, se ha obtenido características físico-mecánicas que pueden compararse con parámetros establecidos en normas o especificaciones técnicas, para definir su calidad.

El presente trabajo de diseño de investigación plantea las deficiencias de los materiales yacentes en el municipio de Playa Grande Ixcán y propone un análisis de los mismos, con el objetivo de definir sus propiedades físico-mecánicas, para conocer sus alcances y limitaciones, en búsqueda de establecer con parámetros técnicos, en qué tipo de obras de ingeniería pueden ser utilizados.

El diseño de investigación propone la revisión de bibliografía y la búsqueda de antecedentes donde se traten las variables de interés, para generar la base teórica del trabajo de investigación. Plantea realizar una encuesta para ubicar los tres bancos de material más importantes del municipio, en función de su tamaño y su demanda de material. Posterior a eso, propone la toma de muestras de suelo de cada uno de los tres bancos, para analizarlas en laboratorio y por último, cotejarlas con las propiedades exigidas en las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de Guatemala y la norma NTG 41010 h1 de COGUANOR, con el fin de determinar bajo sus criterios, el uso de los materiales analizados.

1. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, no existe un normativo que obligue a los usuarios de materiales de construcción más allá de las especificaciones técnicas de cada proyecto, esto en los casos en que dichas especificaciones existan, generalmente en proyectos de gobierno, pero no en proyectos particulares donde la inversión en construcción no va orientada en calidad y resistencia, sino en economía, estética y rapidez de construcción, especialmente en los departamentos del país. Por otro lado, la geología y geografía de la región norte de Quiché no son las más favorables para encontrar material de buena calidad, mismas condiciones que imposibilita encontrar canteras para agregados o bancos de préstamo para carreteras y deja como única opción la utilización de material de arrastre (de ríos).

Se plantea la caracterización de tres bancos de material, seleccionados bajo su nivel de demanda (que se encuentren en el municipio de Playa Grande Ixcán), misma que será la primera en la zona y el punto de partida para más caracterizaciones de los bancos que no sean analizados en esta investigación, mismos que se encuentran posiblemente en departamentos vecinos de Quiché. Con la realización de la investigación se obtendrá la caracterización de los materiales de los bancos y aún más importante los usos que se le pueden dar a los mismos. Dicha caracterización contribuirá en el conocimiento de la calidad de los materiales que se utilizan en la zona, de esta forma se beneficiara de forma directa a todas aquellas personas que usen los materiales en sus construcciones.

Para alcanzar esa caracterización y determinación de usos, se plantea como primera medida la localización de los bancos más importantes del lugar, posteriormente una exploración y muestreo válido de los mismos, luego una serie de ensayos de laboratorio que determinará las propiedades intrínsecas a la calidad de los materiales en los bancos. Una vez determinadas esas propiedades, se verificará si las mismas cumplen con los valores de granulometría, límites, gravedad específica, proctor, CBR, entre otros, establecidos en las especificaciones generales para la construcción de carreteras, puentes y en la norma NTG 41010 h1 de Goguanor.

La investigación que se plantea, además, se llevará a cabo bajo un orden de ideas científico, por lo tanto tiene como capítulo número uno, una serie de antecedentes a nivel local, nacional e internacional, con el objeto de tener un panorama claro de los resultados y discusiones que se vayan a presentar; como capítulo número dos el entorno del lugar de la investigación para ubicarla y describirla geológica y geográficamente, a nivel regional y a nivel local; como capítulo número tres, se presentará todos los conceptos, métodos y técnicas usadas para el muestro, la caracterización y la realización de ensayos necesarios en la investigación; el capítulo cuatro será la presentación de resultados de todos los ensayos a realizar; posteriormente, el capítulo cinco es la verificación de cumplimiento de requisitos demandados en las normas y especificaciones que rigen la calidad de los materiales a utilizar como agregados y en los proyectos de infraestructura vial para posteriormente presentar una serie de conclusiones y discusión de usos a darle a los materiales analizados de los bancos a seleccionar.

2. ANTECEDENTES

En Guatemala y la mayoría de los países de Latinoamérica el aprovechamiento de los bancos de material locales se manifiesta por economía y reducción al impacto ambiental, pero no se toma en cuenta el hecho de la probabilidad que estos materiales no cumplan con normativos o especificaciones técnicas de proyectos por ejecutar. Respecto de este tema, se ha abordado investigaciones con los enfoques y resultados siguientes:

López y Martínez (2014) realizó el análisis de calidad de los bancos de material en un municipio de Nicaragua para la construcción de elementos estructurales de un pavimento, donde se pretendía estimar el volumen útil de los bancos, las propiedades físicas y mecánicas del material que se obtenía de los mismos, y evaluar dichas propiedades en su utilización como base y sub-base de las carreteras, considerando las normas y especificaciones técnicas vigentes en el lugar. Se realizó trabajo de campo (topografía) y ensayos de laboratorio para la determinación de las propiedades mencionadas, donde se obtuvo como resultado, que de los tres bancos analizados, visiblemente se percibía que todos eran de buen material y se podían utilizar para la construcción de estructuras de pavimento, pero al momento de hacerles las pruebas de laboratorio se observó, en primera instancia que las propiedades medidas (tales como textura, estructura, color, permeabilidad, porosidad, drenaje, consistencia) eran diferentes entre bancos y en segundo lugar que dos de los bancos no cumplían con las especificaciones requeridas por los normativos vigentes en el lugar.

Según la investigación, se evidencia que aún al obtener visiblemente buenos materiales, las propiedades resultantes de los ensayos en los mismos no cumplen con los requisitos exigidos por normas locales; antecedente que será tomado en cuenta y servirá como fundamento para no tomar decisiones basadas en aspectos visuales sino en ensayos objetivos, tales como los planteados en la presente investigación.

Un análisis fue realizado con material calizo proveniente del estado de Yucatán, utilizado mayormente en condiciones naturales como parte de las estructuras de caminos. Se le realizó ensayos como granulometría, densidad de arenas, equivalente de arenas, valor soporte del suelo, algunos análisis químicos, entre otros, todos usados generalmente, para verificar su desempeño como parte de una estructura de pavimento.

Se obtuvo gracias a los análisis realizados, una clasificación de los materiales hallados en los bancos, y por ende una idea clara de las limitantes de cada material, al ser utilizado en estructuras de pavimento. Es importante mencionar que esta investigación se enfocó a una parte del estado de Yucatán, por lo que quedó abierto el campo para continuar investigaciones específicas de zonas aledañas para comparar y correlacionar. (Pacheco y Alonzo, 2003, p. 7). Esta investigación será usada como guía para la metodología y se ampliará.

Barrientos (2007) tal y como se verificó en la investigación doctoral, caracterización geotécnica de los serrines de Granito y algunas aplicaciones en ingeniería civil, , después de hacer pruebas de campo y de laboratorio (tales como humedad, densidad, plasticidad, proctor, valor soporte del suelo CBR, consolidaciones) se dió posibles usos al material residuo que se genera como consecuencia de la explotación del granito, mismos que demandan cantidades

considerables de dicho residuo, las cuales son: Estabilidad de taludes; estructuras de proyectos viales, siempre y cuando se establezca por medio de un cementante y/o un geotextil; rellenos para control de niveles en terrenos inclinados. La investigación da la pauta para que además de caracterizar los materiales de interés, se debe abordar su utilización y es por eso que se utilizará, al abordar esas utilidades en Guatemala a los materiales a analizar.

Alonzo, Vinajera y Rodríguez (2006) hay investigaciones que no tratan propiamente el tema de caracterización, pero si estudian propiedades físicas y mecánicas que dan indicios de esa caracterización, así como, se midió el tamaño y cantidad de granos (por medio del ensayo de granulometría) de los dos tipos más comunes de suelo en el estado de Yucatán, donde su enfoque principal era la granulometría de las arenas de playa en el estrato superficial cercano a la orilla del mar. Se determinó mediante la granulometría de la arena, que presenta partículas uniformes (de un mismo tamaño) y sin presencia de finos, lo que la hace altamente permeable, misma que la distingue de arenas que poseen limo y por ende reducen su capacidad de permeabilidad. Como se logra observar, la determinación de estas propiedades tiene el alcance, no solo de una caracterización, sino también de una clasificación de los suelos de una zona, mismos elementos que permiten determinar los usos de esos materiales, su utilización como material suelo o material de construcción y además, da indicios de como debe ser utilizado. Será de utilidad puesto que es arena el material que se caracterizó y debido a que el material que se pretende caracterizar es de arrastre de ríos, se espera que sea arenoso.

Castellanos (2015) la caracterización de materiales, no solamente es utilizada para comparar los materiales analizados con las normas de construcción que se emplean, sino también para comparar materiales entre sí, tal y como se realizó en el caso de tres arcillas en el bloque Chortí, en la

República de Guatemala, donde se realizó estudios de laboratorio químico-mineralógicos y físico-mecánicos para caracterizar los tres tipos de arcilla y posteriormente, comparar esas propiedades entre sí, posterior a esa comparación se construyó tablas que permitirán, desde el punto de vista geotécnico y de obra civil, conocer el comportamiento mecánico del suelo y macizos rocosos al momento de intervenirlos.

Esta investigación sirve para dar la pauta de que posteriormente se puede realizar investigaciones de bancos de material comparandolos entre sí y por ende, seleccionar el mejor, para utilizar la información como eje para toma de decisiones en proyectos que se requiera la utilización de bancos de material, ya sea en la región norte de Quiché, o donde se desee realizar la investigación comparativa.

Pérez, Lavariega, y Garnica (2014) el instituto Mexicano del Transporte presentó una investigación en donde analizó el comportamiento dinámico de dos suelos finos compactados, donde realizó simulaciones de dos condiciones de servicio de carreteras, pero previo a esta experimentación, realizó ensayos de laboratorio donde determinó propiedades como contenido de agua óptimo, peso volumétrico seco máximo, mismas que sirven de arranque para dicha experimentación. Situación que evidencia la importancia de las propiedades de los materiales, puesto que, al experimentar con ellos, necesitamos conocer las propiedades que los definen y distinguen.

Esta investigación sirve como escalón y antecedente de gran importancia debido a que las investigaciones de caracterización son necesarias para muchas otras investigaciones, relacionadas con diseños de cualquier tipo donde se utilice materiales de los bancos analizados, relacionadas con comparación de características con bancos de otros departamentos e incluso con otros

bancos dentro de la región y que se utilice la información, parámetros y propiedades obtenidas.

Otras investigaciones abordan el tema de caracterización de suelos o determinadas zonas, con un enfoque diferente, como lo es el diseño de obras de ingeniería. Tal y como se presenta en el trabajo de Caracterización geotécnica del suelo y roca para el diseño de pozas sedimentadoras en la zona de ciénaga norte – Tantauatay, Cajamarca, en la que se realizó ensayos in situ, así como también ensayos de laboratorio, para los cuales se recolectó muestras representativas, que posteriormente fueron sometidas a diferentes pruebas geotécnicas para posteriormente caracterizar el material del cual está compuesto el terreno donde se pretendía construir las pozas. Se utilizó el sistema SUCS para clasificar el suelo, resultando su mayoría grava; se determinó valores de MRM y RQD, además de una cohesión y un ángulo de fricción (mediante correlaciones de Bieniawski) para las rocas de la zona, que las caracterizan de regulares a malas. Basado en esos parámetros se identificó cinco unidades geológicas. Chapilliquen (2017). Esta investigación sirve como antecedente porque de cualquier forma, la caracterización de materiales a utilizar en proyectos de infraestructura es necesaria.

Díaz (2011) también se ha presentado investigaciones que caracterizan bancos o depósitos naturales, para predecir el comportamiento de los mismos ante determinadas circunstancias, tal y como se hizo en el depósito volcánico-lacustre de la ciudad de México, mismo que presenta propiedades únicas y muy diferentes de las establecidas en los rangos normales de contenido de agua, índice de plasticidad e índice de compresión. Además de que dichas propiedades hacen muy susceptibles a estos suelos a cargas dinámicas (sismos) y son muy contraproducentes para las edificaciones en la Ciudad de México. La caracterización del suelo volcánico-lacustre de la Ciudad de México tuvo como

objetivos caracterizar las propiedades de los mismos, para además de predecir su comportamiento e interpretar su evolución y su respuesta dinámica. Esta investigación da la pauta de que se puede realizar una investigación posterior a la planteada para determinar los posibles comportamientos de los suelos en la región norte de Quiché, con ayuda de otras fuentes de información.

Si bien otras investigaciones no se enfocan en la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, si consideran la importancia del conocimiento y entendimiento de las mismas, puesto que esto determina la calidad de lo que se pretende construir, tal y como se hace ver en el trabajo de diseño de mezclas de resistencia baja controlada (lodocreto), donde se usa bancos de préstamos de la zona central de El Salvador para su aplicabilidad vial, donde se aborda los dos sistemas más conocidos de clasificación de suelos (SUCS Y AASHTO), además de varios ensayos de laboratorio que sirven para caracterizar los materiales utilizados en las mezclas de lodocreto. Se determinó que la calidad del lodocreto estaba en función del tamaño de las partículas de suelo utilizado para las mezclas, además de que la variación de estas propiedades o la mezcla entre muestras de diferentes bancos de material representaba una variación en la resistencia del lodocreto.

Delgado, López y Toledo (2018) De forma similar en el trabajo de investigación Calidad de dos bancos de agregados para concreto, en el departamento de Chiquimula, a pesar de que no se realiza una caracterización como suelo, sino como material de construcción, con normativos diferentes, se obtuvo resultados que sirven como parámetros de diseño de mezclas y además, se determinó la utilidad y limitaciones físicas y mecánicas de los materiales extraídos de los bancos analizados.

Martínez (2009) Dichas investigaciones serán de utilidad, puesto que se infiere primero, que todo lo que se diseña con materiales ya sean caracterizados o no, depende de las propiedades de estos y segundo, que con la caracterización de los materiales se puede determinar con confiabilidad de buenos resultados los usos que se le puede dar a los materiales.

Como se puede ver, hay investigaciones que han abordado de forma directa la caracterización de bancos de material, como caracterizados materiales de lugares de interés; así como, también hay investigaciones que buscan conocer o determinar comportamientos de los materiales bajo ciertas condiciones y usos, pero siempre necesitan caracterizar los materiales a utilizar para lograr predecir de cierta forma, ese comportamiento. En cualquiera de los dos casos y en otros donde se requieran materiales para construir, es necesario el conocer las propiedades y características de estos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los bancos de materiales son los lugares que contienen la materia prima, que solo espera ser transportada para luego ser utilizada en la construcción de vías, zonas peatonales, puentes, edificios, túneles, casas y cualquier otro tipo de obra que se pueda imaginar.

Playa Grande Ixcán no cuenta con bancos de material caracterizados y por ende no se poseen propiedades mecánicas de materiales que se utilizan día a día en todas las construcciones viales y edificatorias del municipio.

Los materiales que se utilizan en las obras de ingeniería civil en el municipio de Playa Grande Ixcán no tienen las propiedades mecánicas apropiadas para ser utilizados en dichas obras, por lo que no se tiene la certeza de la calidad de las mismas y se pone en riesgo a los usuarios, debido a la afectación en el buen desempeño de las estructuras que se hagan con dichos materiales.

La ausencia de materiales de buena calidad ocasiona la necesidad de utilizar los materiales que se encuentran en la región, pero no se sabe de forma técnica como es el comportamiento de estos materiales ante las situaciones convencionales de cualquier proyecto de obra civil. Por otro lado, no existe una clasificación del tipo de material que estos bancos producen y por lo tanto, no existe en primer lugar, características o parámetros que sirvan para ser utilizados en diseños de bases para pavimentos o diseños de concretos (dependiendo del uso que se le vaya a dar al material), y en segundo lugar un uso adecuado de los materiales, es decir, saber que resistencias esperar si se

utilizan o qué tipo de comportamiento se puede esperar o predecir de los mismos.

Esta falta de información en las características de los materiales de la región tiene repercusiones en la calidad de los proyectos y también en su costo, dos aspectos de los más importantes a considerar por un profesional de la ingeniería y la persona o entidad dueña del proyecto.

La problemática mencionada con anterioridad encamina la presente investigación y surge la necesidad de la pregunta principal:

3.1. Pregunta central

¿Poseen los bancos de material de la zona central del municipio de Playa Grande Ixcán, las características óptimas para ser utilizados en el campo de la ingeniería civil?

3.2. Preguntas auxiliares

Además, en la medida en la que se profundiza la investigación, se crean las preguntas secundarias:

- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los materiales en los bancos de la zona norte de Quiché?
- ¿Cumplen los bancos analizados, con los requerimientos mínimos establecidos en las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de la República de Guatemala, para ser utilizados

como base, subbase, relleno estructural o carpeta de rodadura de una carretera no pavimentada?

- ¿Cumplen los bancos analizados, con los parámetros establecidos en la norma NTG 41010 h1, para ser utilizados como agregado fino?

4. JUSTIFICACIÓN

Al realizar esta investigación se obtendrán propiedades de los materiales extraídos de los bancos de material de la región, además de determinar el uso que se les puede dar; razones de gran importancia, que da como resultado la calidad de un proyecto, debido a que, si se sabe que se utiliza materiales de buena calidad (que cumplen con los parámetros establecidos en las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la República de Guatemala y en la Norma NTG 41010 h1 y se utilizan con métodos constructivos afines y bien aplicados, se asegura la calidad del proyecto que se esté llevando a cabo o que se pretende construir.

Se analizarán por primera vez en la región norte del departamento de Quiché, la mecánica de los materiales hallados en los bancos propuestos; mismas propiedades que serán de gran utilidad para las empresas constructoras en la región, así como para las entidades formuladoras de proyectos, e incluso personas particulares estén interesadas en emplear materiales, de los cuales conocen las propiedades mecánicas, en sus construcciones. Les serán de gran utilidad puesto que con las propiedades que se determinarán por medio de la investigación propuesta, se hará posible el uso de estos datos para diseños donde los mismos sean requeridos, y proporcionar de esa manera, criterios de diseño seguros, confiables, económicos y duraderos.

La investigación propuesta, marcará el inicio de futuras investigaciones en relación con el tema.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Caracterizar tres bancos de material en la zona central del municipio de Playa Grande Ixcán, zona norte del departamento de Quiche, para determinar los usos que se le pueden dar en el campo de la ingeniería civil.

5.2. Específicos

- Ubicar los tres bancos de material dentro de un contexto geológico para hacer una correlación geológica con la mecánica de los materiales.
- Determinar propiedades físicas y mecánicas de los materiales de los bancos para describirlos y caracterizarlos.
- Verificar y establecer los usos que se le pueden dar a los materiales caracterizados, con las especificaciones técnicas vigentes en el país, encaminadas a la construcción de obra gris y proyectos viales.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMAS DE SOLUCIÓN

La investigación será de carácter descriptivo-experimental, debido a que pretende caracterizar los materiales de los bancos planteados y basado en esa caracterización y determinación de propiedades mecánicas, establecer su uso en la construcción. Dicho proceso de caracterización se realizará con el apoyo de ensayos de laboratorio.

Se realizará un proceso de cotejo con los datos recabados y los parámetros requeridos en las normas vigentes en la República de Guatemala para verificar el nivel de coincidencia en los indicadores analizados. De dicho cotejo se obtendrá una escala que indicará el nivel de calidad de cada uno de los bancos de material analizados.

Implica el primer paso para la determinación de propiedades mecánicas en los bancos de la región, mismas propiedades que son de mucha utilidad para un profesional, al momento de realizar diseños de proyectos de cualquier tipo. Por otro lado, se utilizará herramientas de análisis estadístico que ordenará las propiedades más relevantes de un banco de material (no necesariamente los analizados en esta investigación), por lo que significa una base para una posterior tabla de propiedades de bancos de materiales de una región completa.

6.1. Beneficiarios

- Personas originarias de la región quienes utilizarían los materiales a clasificar.

- Personas propietarias de los bancos de material.

6.2. Usuarios

- Profesionales/empresas diseñadores y ejecutores de proyectos, que buscan características mecánicas de los materiales tanto para diseño como para construcción de vías y edificios.
- Profesionales y estudiantes que buscan tesis que involucren las variables que se consideraran en esta investigación.
- Entidades formuladoras de proyectos, tales como la municipalidad de Playa Grande Ixcán o el Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Bancos de material

Los bancos de material se definen como los lugares de donde se extrae la materia prima (productos pétreos) para ser utilizados generalmente en la industria de la construcción.

Es de vital importancia saber que la expresión “bancos de material” tiene que ser tomada en un sentido muy general, puesto que los usos que se le dan al material que se extrae de ellos depende de quién lo extraiga.

7.2. Tipos de bancos de material

Generalmente los tipos de bancos de material se clasifican por la forma en donde se encuentran los materiales a extraer, tal y como se ve a continuación:

7.2.1. Canteras

Este tipo es el que se explota principalmente en zonas de cordillera y en unos casos se encuentra material muy revuelto (suelo y roca) y en otros casos material bien clasificado (suelo o roca). Cuando es roca, por lo general se requiere perforación y voladura para la extracción del material, además de que requiere reducción de tamaño de las rocas al punto de ser manejables y adecuadas para su posterior trituración. Todos estos tipos de bancos requieren de carga y transporte para su utilización en la industria de la construcción.

Figura 1. **Bancos de material de cantera**



Fuente: Cedeño (2013). *Canteras y material de arrastre*. Consultado el 10 de marzo de 2020.

Recuperado de

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLORACION+DE+MATERIALES.pdf/dfc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>

7.2.1. Bancos de arrastre

Son predominantes en las zonas planas, tal y como refleja la geografía del municipio de Playa Grande Ixcán. También son conocidos como bancos de material de lecho de ríos debido a que son depósitos donde los ríos hacen sus curvas y depositan los materiales que arrastran por la corriente del agua que es transportada. Como resultado de la selección natural de arrastre del agua, los materiales de arrastre poseen características físicas y químicas que permiten su utilización en la industria cementera fundamentalmente, sin embargo, se puede utilizar también como agregado para concretos, balasto para carreteras y también se utilizan para estabilizar suelos con propiedades mecánicas deficientes, principalmente para carreteras.

Figura 2. **Bancos de material de arrastre**



Fuente: Cedeño (2013). *Canteras y material de arrastre*. Consultado el 10 de marzo de 2020.

Recuperado de

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLORACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>

7.3. Localización de los bancos de material

La localización de bancos de material es de los aspectos más importantes a tomar en cuenta en proyectos viales, ya sean de terracería o de pavimento. Sin lugar a duda, dependiendo del proyecto de obra civil que se quiere construir, depende la importancia de la localización de bancos de material, por ejemplo, para un proyecto vial, no se puede considerar completa su planificación sino se tiene un listado completo y detallado de los bancos de material de los cuales se obtendrán todos los materiales para rellenos, sub-bases y bases que se deberán construir en la vía.

La finalidad de localizar un banco de material es que este cumpla con las normas de calidad predeterminadas en los diseños de proyectos y que además tengan el volumen para satisfacer la demanda del proyecto. Por otro lado, si hay exceso de bancos de material en la zona donde se pretende construir se priorizará la explotación de aquellos que cumplan con los siguientes requisitos:

- Los materiales del banco deben tener la calidad requerida por el proyecto donde serán utilizados.
- Los bancos deberán ser los de más fácil accesibilidad, además que se puedan explotar bajo los métodos más comunes y menos costosos.
- Los bancos deberán ser los más cercanos al área de construcción, con tal de disminuir el acarreo de los materiales, logrando, además, economizar.
- Si se trata de un proyecto vial, los bancos deben de ser aquellos que provean materiales cuyas características conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante el tendido y compactado de la obra.
- La localización de los bancos debe de tomar en cuenta que, si dicho banco tiene propietario privado, haya un acuerdo con el mismo, con tal de no incurrir en problemas legales o que atrasen la explotación y extracción de los materiales.

7.4. Aplicaciones de los materiales de los bancos

Los bancos de materiales son tan variados y contienen todo tipo de material que desee utilizarse en la industria de la construcción, variando únicamente de la zona geológica donde se encuentre el banco, claros ejemplos

Son los bancos productores de arcillas, calizas para la fabricación de cementos, rocas para triturar y utilizar como agregados, gravas y arenas. Materiales que se utilizan en diferentes obras y que tienen demanda a nivel mundial, nacional, regional y local en las siguientes áreas:

7.4.1. Infraestructura de vías

Según Cedeño (2013) Todo material de préstamo, de bancos seleccionados al momento de construir una vía, o que ya ha sido utilizado para la construcción de vías con anterioridad, se utiliza, principalmente para conformación de bases y sub-bases, rellenos y sustitución de materiales de mala calidad mismos que tienen la granulometría y cumplen con las especificaciones técnicas establecidas.

Figura 3. **Compactación en la obra vial de una mina**



Fuente: Guevara (2015). *Análisis y ejecución de movimiento de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa*. Consultado el 12 de marzo de 2020. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2441/MAS_ICIV-L_029.pdf?sequence=1&isAllowed=y

7.4.2. Materia prima para construcción de edificios y elementos de mampostería

Las canteras son comúnmente explotadas para la obtención de rocas (calizas en su mayoría) para su posterior trituración y utilización como agregados para concreto que servirá para edificar torres, casas, presas, puentes o cualquier tipo de concreto, además se utilizan para la elaboración de elementos de mampostería tales como blocks, adoquines, bordillos, y todo tipo de elementos prefabricados.

Figura 4. **Puente Jucar, Cuenca, España**



Fuente: Chuquimia y Meruvia (2004). *Apoyo didáctico en la Enseñanza-Aprendizaje de la asignatura de puentes*. Consultado el 12 de marzo de 2020. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/371280300/001-CARATULA-doc>

7.4.3. Minerales industriales

Todas las rocas están compuestas de minerales, y según el mineral que contengan, se utilizan para diferentes industrias, por ejemplo, la roca caliza

(además de servir como material de construcción) se puede utilizar como material industrial para la fabricación de cemento y cal.

Figura 5. **Fábrica de cemento**



Fuente: Cedeño (2013). *Canteras y material de arrastre*. Consultado el 14 de marzo de 2020.
Recuperado de
<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLORACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>

7.5. Exploración y muestreo de suelos

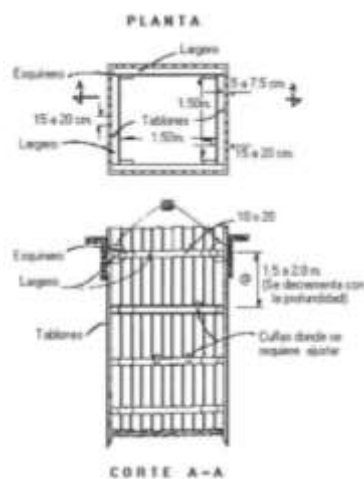
“Los métodos de exploración y muestreos en suelos son de conocimiento necesario para un ingeniero geotecnista o el ingeniero civil que se dedica a la construcción” (Chávez, 2006, p. 3). El objetivo de la exploración de un banco, para caracterizar el mismo, es obtener muestras representativas del material que se encuentre él para su posterior análisis (ya sea in situ o en laboratorio). Dicha exploración tiene una fase de trabajos preliminares la cual consta de hacer visitas de campo para planear cuáles serán los puntos de muestreo, dependiendo de las características del lugar y un plan más a detalle de cuál será el método de muestreo que se realizará.

7.5.1. Métodos directos de exploración y muestreo

Son aquellos mediante los cuales se obtienen muestras representativas, ya sea de forma superficial o de los estratos subyacentes a la superficie, dependiendo de cuál será el análisis que se le haga al suelo (Chávez, 2006, pág. 188), en este caso es una caracterización de los bancos por lo que se requiere únicamente material superficial, pero dentro de los métodos directos de obtención de muestras se tienen:

- Pozo a cielo abierto: Como su nombre lo indica, este método consiste en hacer una excavación a la que se le denomina pozo, con dimensiones ya sean cuadradas o circulares que permiten que una persona ingrese por dicho pozo y extraiga una muestra inalterada de material (Chávez, 2006).

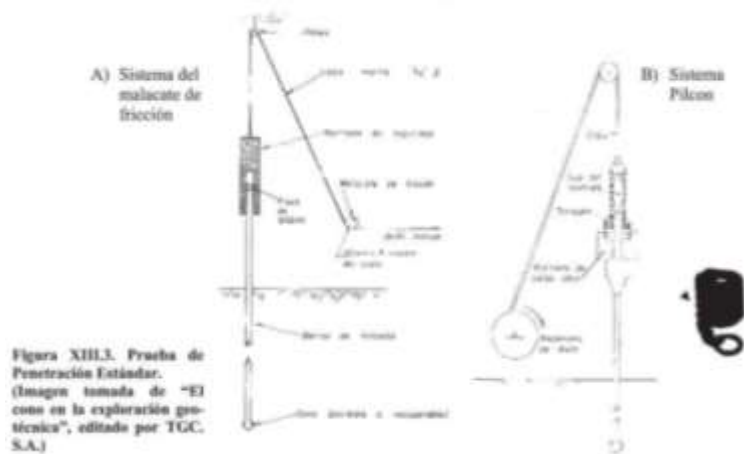
Figura 6. Ejemplo de PCA



Fuente: Chávez (2006). *Geotecnia*. Consultado el 18 de marzo de 2020. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/131517870/Chavez-Aguirre-Geotecnia-pdf>

- Prueba de penetración estándar: la denominada SPT (Standar Penetration Test) según, Chávez (2006) fue desarrollada por la “Raymond Concete Piles Inc.” consiste en hincar el penetró metro estándar 45 cm en el terreno que se explora mediante una serie de golpes aplicados al ensanchamiento del cabezote de la tubería de perforación. Para esta perforación se deja caer libremente un martinete de 63.45 Kg (140 lb) desde 76 cm (30 pulg) de altura, luego de ser elevado por un cable suspendido por el trípode por una polea y guiado por una tubería de perforación, a través de su diámetro interior.

Figura 7. **Ejemplo de SPT**

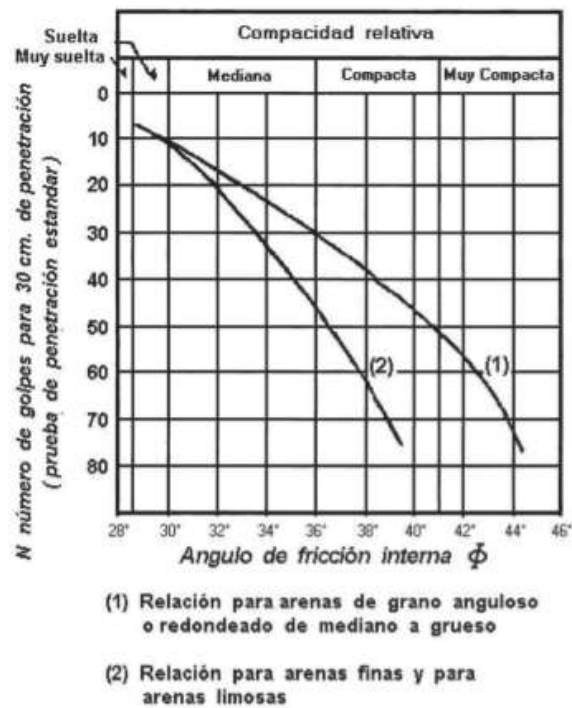


Fuente: Chávez (2006). *Geotecnia*. Consultado el 18 de marzo de 2020. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/131517870/Chavez-Aguirre-Geotecnia-pdf>

“Esta prueba permite estimar la fuerza al esfuerzo cortante del suelo, mediante el número de golpes N que se requieren para hincar el penetrómetro estándar, y por otra parte se obtienen muestras alteradas, las que sirven para identificar los suelos del sitio, que permiten conocer la estratigrafía del subsuelo” (Chávez, 2006, p. 191). Como se recupera material alterado, es

posible la determinación de propiedades tales como contenido de agua, límites de consistencia, granulometría, estimando la resistencia al corte de cada uno de los estratos mediante ecuaciones empíricas, relacionando el número de golpes.

Figura 8. **Correlación entre el número de golpes para 30 cm de penetración estándar y el ángulo de fricción interna de arenas**



Fuente: Chávez (2006). *Geotecnia*. Consultado el 1 de marzo de 2020. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/131517870/Chavez-Aguirre-Geotecnia-pdf>

- Método manual: este método consiste en la selección del lugar más adecuado para la recolección de muestras de los bancos para su posterior análisis en laboratorio, generalmente se hace por medio de una pala o cucharón, también puede ser obtenida de un PCA que ya haya

estado elaborado. Este es el método que se utilizara puesto que solo se quiere caracterizar el material superficial de los bancos, suponiendo que el material subyacente posee las mismas características a determinar.

7.5.2. Métodos indirectos

De acuerdo como lo explica Chávez (2006) Estos métodos son los que, sin necesidad de obtener muestras, se obtienen resultados que permiten conocer en forma aproximada los estratos o materiales de subsuelo. Actualmente son de uso común los métodos geofísicos, mismos que permiten relacionar parámetros físicos del subsuelo con los diferentes materiales que lo componen, los cuales pueden ser evidenciados por la geología superficial o no, estableciendo las características geológicas del espesor analizado.

7.6. Caracterización de materiales

La caracterización de un material es la obtención de sus propiedades mediante ensayos de laboratorio y es de suma importancia en la decisión de su utilización en alguna obra. Los ensayos para caracterizar tanto los suelos, como los agregados finos se describen en esta sección.

7.6.1. Mecánica de suelos

Según Braja (2006) la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidraulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica.

7.6.1.1. Ensayos en laboratorio

Los métodos de investigación de laboratorio figuran en la rutina de la mecánica de suelos, que a su vez se define como una de las líneas de investigación de la geotecnia. Dentro de los ensayos de interés podemos encontrar los siguientes:

- Granulometría

Se define como la cuantificación la cantidad de cada tamaño de grano dentro de una muestra de suelo o de cualquier tipo de material granular y se da por sentado que es la propiedad más característica de un suelo, debido a que al distinguir la cantidad de tamaño de granos o de partículas que lo conforman, se distinguen los distintos tipos de suelos; siendo la grava, arena, limo y arcilla. En ingeniería, y específicamente en los trabajos donde el suelo es uno de los materiales más importantes, es necesario conocer la proporción en la que se presentan los distintos tamaños de partículas en una porción determinada de suelo.

La granulometría sirve, para clasificar los suelos por cualquier método. Además, se usa como indicativo de criterios de aceptabilidad del suelo para los agregados de concreto y materiales para carreteras (terracerías, sub-bases, bases y agregados de concreto asfáltico).

Tiene un procedimiento de análisis, el cual es determinado por normas AASHTO y ASTM.

Figura 9. **Procedimiento de ensayo de granulometría**



Fuente: López y Martínez (2014). *Análisis de la Calidad de los Bancos de Materiales Utilizados en el municipio de Rivas para la construcción de la capa Sub-base y Base de la superficie de Rodamiento*. Consultado el 20 de marzo de 2020. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/6264/1/64648.pdf>

- Límites de Atterberg

La consistencia del suelo es usualmente definida como las manifestaciones de las fuerzas físicas de cohesión y adhesión, actuando dentro del suelo a varios contenidos de humedad, La adhesión se refiere a la atracción de la fase líquida sobre la superficie de la fase sólida; las moléculas de agua, por tanto, pueden adherirse tanto a la superficie de las partículas de suelo como a los objetos que se ponen en contacto con el suelo. La cohesión en suelos mojados es la atracción que existe entre las moléculas de la fase líquida que están como puentes entre partículas adyacentes. (López y Martínez, 2014, p. 40)

Esta definición implica que el concepto de consistencia del suelo incluye algunas propiedades del suelo, como resistencia a la compresión, friabilidad, plasticidad y viscosidad.

- Delimitación del límite líquido (LL). el límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, que debe tener un suelo moldeado para una muestra del mismo en que se haya moldeado una ranura de dimensiones estándar al someterlo a 25 golpes bien definidos, se cierre sin rebalsar en su apoyo. (López y Martínez, 2014, p. 41)

Figura 10. **Ensayo de Límite Líquido**



Fuente: López y Martínez (2014). *Análisis de la Calidad de los Bancos de Materiales Utilizados en el municipio de Rivas para la construcción de la capa Sub-base y Base de la superficie de Rodamiento*. Consultado el 20 de marzo de 2020. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/6264/1/64648.pdf>

- Determinación de límite plástico (LP). Este se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje, cuando comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente (López y Martínez, 2014, p. 42).

Figura 11. **Ensayo de Límite Plástico**



Fuente: López y Martínez (2014). *Análisis de la Calidad de los Bancos de Materiales Utilizados en el municipio de Rivas para la construcción de la capa Sub-base y Base de la superficie de Rodamiento*. Consultado el 20 de marzo de 2020. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/6264/1/64648.pdf>

- Gravedad específica

Se define como la relación del peso en el aire de un volumen dado de partículas sólidas, al peso en el aire de un volumen igual de agua destilada a una temperatura de 4°C. El valor de la gravedad específica de un suelo queda expresado por un valor abstracto, además de servir para fines de clasificación interviene en la mayor parte de los cálculos de la mecánica de suelos. (López y Martínez, 2014, p. 37)

Figura 12. **Ensayo de gravedad específica**



Fuente: López y Martínez (2014). *Análisis de la Calidad de los Bancos de Materiales Utilizados en el municipio de Rivas para la construcción de la capa Sub-base y Base de la superficie de Rodamiento*. Consultado el 20 de marzo de 2020. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/6264/1/64648.pdf>

- Proctor

La compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar los espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia su capacidad de soporte (aumento de la resistencia) y la estabilidad, también se modifican otras propiedades tales como la reducción de volumen y la disminución en la compresibilidad y permeabilidad. Existe una amplia variación en las características de los diferentes suelos y las propiedades mecánicas de cada suelo individual se ven afectadas por su contenido de humedad y su densidad.

La compactación reduce el volumen de aire en un suelo, pero nunca es posible eliminar todos los vacíos, el suelo a compactar deberá estar parcialmente saturado. Si se compacta un suelo por diversos métodos, la densidad obtenida será posiblemente diferente para cada uno; del mismo

modo, si distintos suelos se compactan empleando el mismo método es de esperar que los resultados también sean distintos. Esto indica que el proceso de compactación de un suelo se encuentra afectado por muchos factores de los cuales los más determinantes son: el contenido de humedad del suelo, la energía de compactación, el tipo de suelo, el método o equipo empleado para la compactación. (López y Martínez, 2014, p. 44).

Figura 13. **Ensayo de proctor estándar compactación del material**



Fuente: López y Martínez (2014). *Análisis de la Calidad de los Bancos de Materiales Utilizados en el municipio de Rivas para la construcción de la capa Sub-base y Base de la superficie de Rodamiento*. Consultado el 20 de marzo de 2020. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/6264/1/64648.pdf>

- **CBR**

Este ensayo se emplea en la caracterización de la resistencia del material de cimiento de una vía o de los diferentes materiales que se utilizaran en un pavimento, con vistas a dimensionar los espesores de suelos que formaran parte de este. El CBR mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas.

El CBR trabaja con muestras alteradas, las cuales proporcionan información sobre la capacidad de soporte que tendrá el suelo y el hinchamiento promedio que pueda tener este. Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para un suelo específico determinado, utilizando el ensayo de compactación Proctor estándar o modificado (López y Martínez, 2014, p. 48).

Figura 14. **Ensayo de CBR**



Fuente: López y Martínez (2014). *Análisis de la Calidad de los Bancos de Materiales Utilizados en el municipio de Rivas para la construcción de la capa Sub-base y Base de la superficie de Rodamiento*. Consultado el 20 de marzo de 2020. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/6264/1/64648.pdf>

7.7. Usos del material caracterizado de los bancos en la ingeniería y sus requerimientos

El uso que se le dé a los materiales extraídos de los bancos queda a discreción del profesional o persona individual que los haya adquirido, y los usos son tan variados que va desde su uso como agregado para concreto, hasta uso como carpeta de rodadura para una carretera de terracería. Lo que la

mayoría de las veces no se sabe cómo comprador, es si el material comprado cumple con los parámetros y requisitos técnicos establecidos por normas o especificaciones, por ejemplo:

7.7.1. Uso como suelo para base, subbase

Para una base y subbase común o granular el Colegio de Ingenieros de Guatemala (2002) dice que se requiere material con un valor de CBR mínimo de 30, efectuada a una muestra saturada con un 95% de compactación, además el tamaño máximo de piedras que contenga el material de subbase no debe exceder de 70 mm ni exceder $\frac{1}{2}$ espesor de la capa. El material de subbase no debe tener más del 50% en peso, de partículas que pasen el Tamiz 0.425 mm, ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el Tamiz 0.075 mm.

7.7.2. Uso como carpeta de rodadura de caminos de terracería (Capa de balasto)

El balasto es un material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y de que se utilice como superficie de rodadura.

Este material debe de ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. El material de balasto debe de tener un peso unitario suelto, no menor de $1450 \text{ Kg}/\text{m}^3$. El tamaño máximo del agregado grueso de balasto no debe exceder de $\frac{2}{3}$ del espesor de la capa y en ningún momento debe de ser mayor de 100 mm.

De acuerdo con el Colegio de Ingenieros de Guatemala (2002) La porción del balasto retenida en el Tamiz 4.75 mm (No. 4) debe estar comprendida entre el 60 % y el 40 % en peso y debe tener un porcentaje de abrasión no mayor de 60, determinado por el método AASTHO T-96. La porción que pase el Tamiz 0.425 mm (No. 40), debe tener un límite líquido no mayor de 35 y un índice de plasticidad entre 5 y 11.

7.7.3. Uso como material de relleno para terrazas o rellenos estructurales

El Colegio de Ingenieros de Guatemala (2002) dice que este material debe ser granular de libre drenaje, libre de exceso de humedad, turba, terrones de arcilla, raíces, césped u otro material deletéreo y debe de tener una dimensión máxima de partículas de 50 mm, tener un 15 % máximo de material que pasa el Tamiz 0.075 mm y tener un 30 % máximo como límite líquido.

7.7.4. Uso como agregado fino, para obras edificatorias

En este caso debe de cumplir con parámetros de granulometría, pesos unitarios sueltos y compactados, gravedad específica y algunos otros parámetros establecidos en la norma NTG 41010 h1 de COGUANOR.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTADO DE SÍMBOLOS

LISTADO DE ABREVIATURAS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES DE LOS BANCOS DE MATERIAL

- 1.1. Antecedentes
- 1.2. Definición
- 1.3. Origen del suelo
- 1.4. Suelo transportado por gravedad
- 1.5. Depósitos aluviales
- 1.6. Depósitos lacustres
- 1.7. Depósitos eólicos
- 1.8. Tipos de bancos de material
 - 1.8.1. Canteras
 - 1.8.2. Bancos de arrastre
- 1.9. Aplicaciones de los materiales extraídos

- 1.9.1. Infraestructura de vías
- 1.9.2. Materia prima para construcción de edificios y elementos de mampostería
- 1.9.3. Producción industrial
- 1.10. Exploración y muestreo de bancos de material
 - 1.10.1. Selección de los tres bancos a caracterizar
 - 1.10.2. Métodos de muestreo de material
 - 1.10.2.1. Métodos directos
 - 1.10.2.1.1. Método manual
 - 1.10.2.1.2. Pozo a cielo abierto
 - 1.10.2.2. Métodos indirectos
- 1.11. Usos de materiales caracterizados en ingeniería y sus requerimientos
 - 1.11.1. Uso como suelo para base, sub-base
 - 1.11.2. Uso como carpeta de rodadura de caminos de terracería (capa de balasto)
 - 1.11.3. Uso como material de relleno para terrazas o rellenos estructurales
- 1.12. Caracterización de los tres bancos seleccionados
 - 1.12.1. Ensayos de laboratorio
 - 1.12.1.1. Granulometría
 - 1.12.1.2. Gravedad específica
 - 1.12.1.3. Límites de Atterberg
 - 1.12.1.4. Proctor modificado
 - 1.12.1.5. Relación de Carga California (CBR)
 - 1.12.1.6. Equivalente de arenas
 - 1.12.2. Evaluación como agregado fino
 - 1.12.2.1. Granulometría
 - 1.12.2.2. Peso unitario suelto

1.12.2.3. Peso unitario compactado

1.12.2.4. Gravedad específica

2. BANCOS DE MATERIAL CARACTERIZADOS

2.1. Antecedentes de caracterizaciones a nivel nacional y local

2.2. Geología del municipio de Playa Grande Ixcán

2.3. Descripción de las formaciones geológicas de cada uno de los bancos de material caracterizados

2.4. Procedimiento de toma y tratamiento de muestras

2.5. Ubicación y toma de muestras

2.5.1. Banco de material 1 (BM-1)

2.5.2. Banco de material 2 (BM-2)

2.5.3. Banco de material 3 (BM-3)

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Caracterización de los tres bancos de material

3.1.1. Ensayos de laboratorio de suelos, BM-1

3.1.1.1. Granulometría, BM-1

3.1.1.2. Gravedad específica, BM-1

3.1.1.3. Límites de atterberg, BM-1

3.1.1.4. Proctor modificado, BM-1

3.1.1.5. Relación de Carga California, BM-1

3.1.1.6. Equivalente de arenas, BM-1

3.1.1.7. Granulometría, BM-2

3.1.1.8. Gravedad específica, BM-2

3.1.1.9. Límites de atterberg, BM-2

3.1.1.10. Proctor modificado, BM-2

3.1.1.11. Relación de Carga California, BM-2

3.1.1.12. Equivalente de arenas, BM-2

- 3.1.1.13. Granulometría, BM-3
- 3.1.1.14. Gravedad específica, BM-3
- 3.1.1.15. Límites de atterberg, BM-3
- 3.1.1.16. Proctor modificado, BM-3
- 3.1.1.17. Relación de Carga California, BM-3
- 3.1.1.18. Equivalente de arenas, BM-3
- 3.1.2. Ensayos de laboratorio para evaluación como agregado fino
 - 3.1.2.1. Granulometría, BM-1
 - 3.1.2.2. Peso unitario suelto, BM-1
 - 3.1.2.3. Peso unitario compactado, BM-1
 - 3.1.2.4. Gravedad específica, BM-1
 - 3.1.2.5. Granulometría, BM-2
 - 3.1.2.6. Peso unitario suelto, BM-2
 - 3.1.2.7. Peso unitario compactado, BM-2
 - 3.1.2.8. Gravedad específica, BM-2
 - 3.1.2.9. Granulometría, BM-3
 - 3.1.2.10. Peso unitario suelto, BM-3
 - 3.1.2.11. Peso unitario compactado, BM-3
 - 3.1.2.12. Gravedad específica, BM-3
- 3.2. Presentación de resultados obtenidos
- 3.3. Interpretación de resultados obtenidos
 - 3.3.1. Interpretación de resultados obtenidos, BM-1
 - 3.3.2. Interpretación de resultados obtenidos, BM-2
 - 3.3.3. Interpretación de resultados obtenidos, BM-3

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DEFINICIÓN DE USO DE LOS MATERIALES ENCONTRADOS EN LOS BANCOS

4.1. Análisis comparativo de resultados con requerimientos de Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

4.1.1. Sección 206, Relleno para estructuras, Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

4.1.2. Sección 207, Relleno permeable, Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

4.1.3. Sección 209, Capa de balasto, Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

4.1.4. Sección 301, Reacondicionamiento de Sub-rasante existente, Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

4.1.5. Sección 303, Capa de Sub-base común, Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

4.1.6. Sección 304, Capa de Sub-base y base granular, Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

4.1.7. Sección 308, Capa de Sub-base de suelo cemento, Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes

4.2. Análisis comparativo de resultados con requerimientos en norma NTG 41010 h1 de Coguanor

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para la realización de la investigación se plantean las siguientes fases:

9.1. Fase 1: trabajo de gabinete. Revisión bibliográfica

La primera fase consta de la revisión de literatura existente, tal como tesis de investigaciones anteriores, artículos o revistas científicas recientes y libros que traten la variable de investigación. Esta fase será una guía que dará la secuencia lógica a la elaboración y desarrollo del estudio.

9.2. Fase 2: trabajo de campo. Exploración y muestreo

Esta fase consta del reconocimiento general de los tres bancos de material en estudio (uno por uno) en la primera salida, para proceder en próximas visitas a la toma de muestras de suelo. En esta fase, se tomará una muestra alterada (superficial) de cada banco de material, con el objetivo de que cuando se realicen los ensayos de laboratorio se tengan datos representativos. Posteriormente, las muestras se transportarán al laboratorio y se realizarán los ensayos de caracterización necesarios.

9.3. Fase 3: trabajo de laboratorio

Esta fase es la más larga de la investigación puesto que consta de la realización de todos los ensayos de caracterización del suelo, los cuales son:

- Granulometría; este ensayo se realizará bajo los procedimientos establecidos por la norma ASTM D 421-58; AASHTO T 27-88, T 87-70 y T 88-70. Se hará un ensayo granulométrico por cada muestra alterada obtenida en la fase anterior.
- Gravedad específica; tal y como en la granulometría, será un ensayo de gravedad específica por cada muestra obtenida y se determinará bajo el procedimiento establecido en las normas ASTM D-588; AASHTO T 93-86 y T 100-70.
- Límites de Atterberg; Se determinarán los límites líquido y plástico de cada muestra obtenida con el objeto de clasificar y caracterizar los materiales encontrados en los bancos. Su determinación se basará en lo establecido en las normas ASTM 423-66 y D 424-59; AASHTO T 89-68 y T 90-70.
- Proctor modificado; Se realizará bajo el proceso establecido en las normas ASTM D 698; AASHTO T 180; AASHTO T 99-90 y T 99-70. De igual forma se determinará un valor de proctor para cada muestra obtenida.
- Relación de Carga California (CBR); Serán determinados para cada muestra de suelo y bajo los parámetros y procedimientos en las normas ASTM D-73; AASHTO T 193-63.
- Ensayos para agregado fino; Se realizará ensayos de los mismos materiales para determinar sus propiedades como agregado fino, es decir, se determinarán sus propiedades bajo el concepto de que se utilizarán como agregados finos para fabricación de concreto bajo los procedimientos de la norma NTG 41010 h1.

Posterior a esta serie de ensayos de laboratorio, se realizará la tabulación de todos los valores de propiedades obtenidos.

9.4. Fase 4: trabajo de gabinete. Análisis y comparación de valores de propiedades obtenidas con las requeridas

Una vez se tienen todos los ensayos y tablas de propiedades obtenidas, se pueden verificar con los valores requeridos en las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y puentes, documento vigente y regente de las obras viales en Guatemala que establece los parámetros mínimos y máximos en la construcción de terraplenes, bases, subbases, carpetas de rodadura y obras de drenaje y mitigación. Además de verificar los valores obtenidos en el proceso de análisis como agregado fino, con la norma NTG 41010 h1 de Coguannor, que establece los valores de granulometría, peso unitario suelto y compactado, además de gravedad específica.

Basado en los requerimientos de normas y especificaciones, verificados con los valores obtenidos de los ensayos de laboratorio, se determinará el uso de los materiales de cada banco, ya sea si cumplen con los requisitos mínimos para carreteras o están dentro de los valores permitidos para ser utilizados como agregados, se describirá con el sustento necesario, su uso, para así obtener la validación de la hipótesis de investigación.

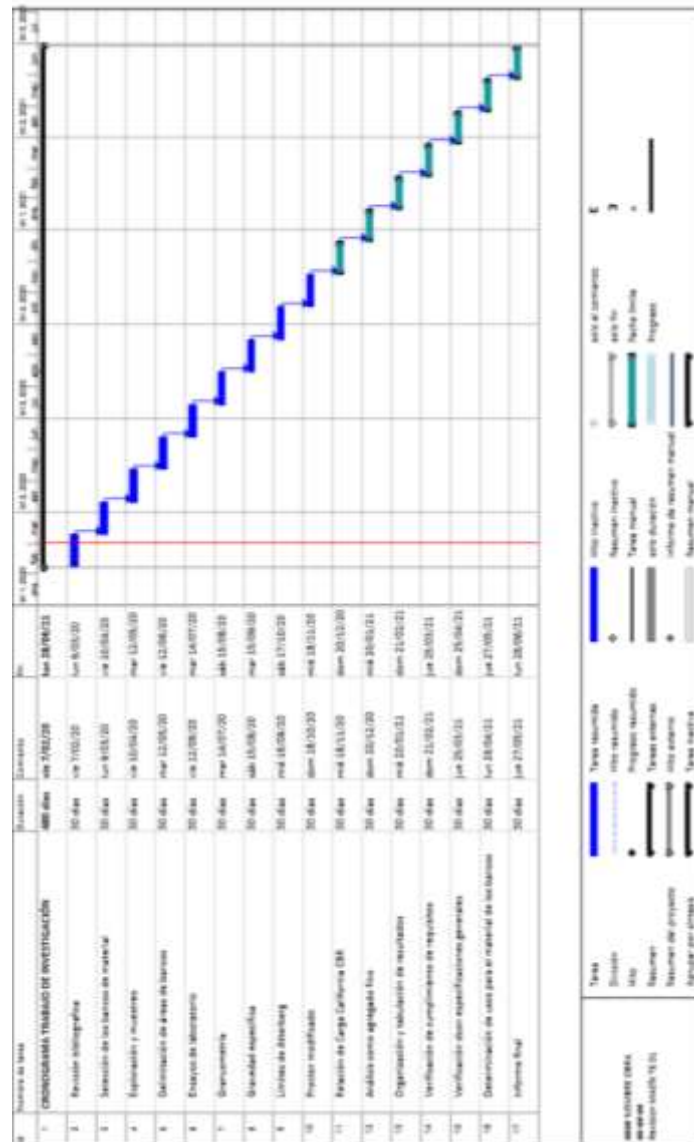
10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con el objetivo de investigación claro y una metodología planteada con el fin de satisfacer dicho objetivo, se presentan las técnicas siguientes, propias de una investigación cuantitativa y de carácter descriptivo-experimental:

- Encuestas, para la selección de los bancos de material más importantes de la zona central del municipio de Playa Grande Ixcán donde, como mínimo se encuestarán comercios ferreteros con preguntas cerradas que orienten a la localización de aquellos bancos de material que merezcan ser catalogados como prioritarios para caracterizar.
- Lista de Cotejo, debido a que la lista de cotejo es el instrumento de análisis idóneo para realizar verificaciones de ausencia o presencia de características en los indicadores de una investigación, García, Cisneros , y Díaz, (2011) Se realizará, mediante una marca de cotejo y por medio de la comparación entre parámetros analizados y normativos vigentes y regentes en la construcción y control de calidad de obras civiles, un listado de cotejo, el cual contendrá la información necesaria para saber si el material de cada banco cumple con los requerimientos de valores mínimos y máximos establecidos en la construcción de bases, sub bases, carpetas de rodadura para carreteras de terracería, rellenos estructurales y su utilización como agregado fino.
- Escala, Se realizará una escala ordinal, la cual indicara que tan bueno o malo es cada banco de material analizado y basado en esa escala se recomendará cual es el que mejores propiedades mecánicas ofrece.

11. CRONOGRAMA

Figura 1. Cronograma del trabajo de investigación



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para la presente investigación es necesario contar con los siguientes recursos:

12.1. Recurso humano

Se debe de contar con personas que harán los muestreos de los bancos determinados, sin embargo, es una actividad que puede realizar el investigador sin ningún problema, siempre y cuando tenga el permiso del propietario de cada banco de material. Además de ser necesario en cada una de las fases planteadas en la investigación, mismas que deberán ser cubiertas por el investigador principalmente, por los laboratoristas quienes realizan los ensayos y por aquellos colaboradores que sean requeridos en algunas actividades.

12.2. Recurso financiero

Se debe de contar con un recurso financiero el cual servirá para las actividades tales como las visitas de reconocimiento, exploración y muestreo de los bancos de material, mismos que se encuentran en la ruta conocida como franja transversal del norte, aproximadamente a 520 Km de la ciudad capital, se debe de contar con financiamiento para aquellas actividades tales como consultas a libros o normativos que deben ser consultados en internet o por medios físicos tales como bibliotecas o librerías electrónicas que cobran la consulta. Se debe tomar en cuenta que el muestro, así como su transporte a los laboratorios de suelos y materiales requiere de recurso financiero. También se

debe considerar que se requiere de todo el equipo de cómputo necesario para la elaboración del informe, así como de todos sus por menores.

12.3. Recurso tecnológico

Se requiere de una computadora, impresora, programa Google Earth (no requiere licencia), licencia de Civil CAD, donde se pretende hacer el diagrama del polígono de cada banco de material.

12.4. Permisos y acceso a la información

Los permisos y accesos para exploración y muestro de los bancos de material, serán gestionados con los propietarios de dichos bancos, mismos que serán beneficiados con la realización de la investigación.

El financiamiento de todos estos recursos será propio del investigador, exceptuando los ensayos de laboratorio, que se solicitará el apoyo al Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII- para que apoyen con la realización de estos. A continuación, se presenta un detalle de la inversión a realizar en cada actividad programada.

Tabla I. **Inversión**

No.	Actividad	cantidad	unidad	precio unitario	precio total
1	Revisión bibliográfica	25	unidades	Q 15.00	Q 375.00
2	Selección de los bancos de material	3	unidades	Q 200.00	Q 600.00
3	Exploración y muestreo	6	unidades	Q 250.00	Q 1,500.00
4	Delimitación de áreas de bancos	3	unidades	Q 200.00	Q 600.00
5	Ensayos de laboratorio				
5.1	Granulometría	6	unidades	Q 460.00	Q 2,760.00
5.2	Gravedad específica	6	unidades	Q 300.00	Q 1,800.00
5.3	Límites de Atterberg	6	unidades	Q 360.00	Q 2,160.00
5.4	Proctor Modificado	6	unidades	Q 360.00	Q 2,160.00
5.5	Relación de Carga California (CBR)	6	unidades	Q 575.00	Q 3,450.00
5.6	Análisis como agregados	3	unidades	Q 650.00	Q 1,950.00
5.7	Organización y tabulación de resultados de ensayos	6	unidades	Q 125.00	Q 750.00
6	Verificación de cumplimiento de requisitos				
6.1	Verificación con las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes	3	unidades	Q 225.00	Q 675.00
6.2	Verificación con la norma ASTM C 136	3	unidades	Q 300.00	Q 900.00
7	Determinación de usos para el material de los bancos	3	unidades	Q 350.00	Q 1,050.00
8	Elaboración e impresión del informe de investigación	1	unidad	Q 1,400.00	Q 1,400.00
COSTO TOTAL DE LA INVESTIGACIÓN					Q 22,130.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Alonzo, S., Vinajera, R., y Rodríguez, R. (2006). Granulometría de dos tipos predominantes de suelo del estado de Yucatán . Universidad Autonoma de Yucatan: México. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46710307.pdf>.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. (2018). *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala Estudios Geotécnicos*. Dirección de Comites Técnicos. Guatemala: Guatemala. Recuperado de <https://www.agies.org/wp-content/uploads/2018/08/NSE-2.1-2018-Edicion-Beta-Estudios-geot%C3%A9cnicos.pdf>.
3. Barrientos, V. (2007). *Caracterización geotécnica de los serrines de granito y algunas aplicaciones en ingeniería civil*. Universidad da Coruña: España. Recuperado de <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/1007?locale-attribute=es>.
4. Braja, M. D. (2009). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones* (séptima ed.). México: Cengage Learning.
5. Castellanos, S. (2015). *Diferencias de las propiedades físico-mecánicas de tres formaciones geológicas, distribuidas en el bloque Chortí, República de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala: Guatemala.

6. Cedeño, L. (2013). Canteras y material de arrastre. *Explotación de materiales de construcción*. Ministerio de Minas y Energía: Colombia. Recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLORACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>.
7. Chapilliquen, V. (2017). *Caracterización geotécnica del suelo y roca para el diseño de pozas sedimentadoras en la zona de ciénaga norte - Tantahuatay, Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca: Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1536>.
8. Chávez, J. (2006). *Geotecnia*. Unidad de Servicios Editoriales, Facultad de Estudios superiores Acatlán: México. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/131517870/Chavez-Aguirre-Geotecnia-pdf>.
9. Chuquimia, R. y Meruvia, P. (2004). *Apoyo didáctico en la Enseñanza-Aprendizaje de la asignatura de puentes*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. <https://es.scribd.com/document/371280300/001-CARATULA-doc>
10. COGUANOR (1962). *Método de ensayo. Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso*. Ministerio de Economía: Guatemala. Recuperado de https://www.academia.edu/6775353/NORMA_T%C3%89CNICA_GUATEMALTECA_COGUANOR_NTG_41010_h1.

11. Colegio de Ingenieros de Guatemala. (2002). *Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*. Ingenieros Consultores de Centro America: Guatemala. Recuperado de <http://www.covial.gob.gt/specs/LibroAzul-Sept2001.pdf>

12. Delgado, Ó., López, I. y Toledo, F. (2018). *Diseño de mezclas de materiales de resistencia baja controlada (lodocreto), utilizando bancos de préstamos de la zona central de El Salvador para su aplicabilidad vial*. Universidad de El Salvador: San Salvador. Recuperado de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16487/1/Dise%C3%B1o%20de%20mezclas%20de%20materiales%20de%20resistencia%20baja%20controlada%20\(Lodocreto\),%20utilizando%20bancos%20de%20pr%C3%A9stamos%20de%20la%20Zona%20Central%20de%20El%20Salvador%20para%20su%20aplicabilidad%20vial.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16487/1/Dise%C3%B1o%20de%20mezclas%20de%20materiales%20de%20resistencia%20baja%20controlada%20(Lodocreto),%20utilizando%20bancos%20de%20pr%C3%A9stamos%20de%20la%20Zona%20Central%20de%20El%20Salvador%20para%20su%20aplicabilidad%20vial.pdf)

13. Díaz, J. (2011). *Los suelos lacustres de la Ciudad de México*. Universidad Autonoma de México: México. Recuperado de <http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/SuelosLacustresDeMexico.pdf>

14. García , B., Cisneros , E. y Díaz, E. (2011). *Entorno Virtual para el Desarrollo de Competencias en Acción*. (EV-DCE): México. Recuperado de: <http://entornovirtualparaeldesarrollode.weebly.com/41tecnicas-cuantitativas.html>

15. González de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid, España: Pearson Educación.
16. González, C. (2016). *Estudio de Caracterización de agregados con fines de construcción de tres canteras de Trujillo (El Milagro-El Porvenir-Laredo)*. Universidad Nacional de Trujillo: Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12324>
17. Guevara, F. (2015). *Análisis y ejecución de movimiento de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa*. Universidad de Piura: Lima. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2441/MAS_ICI_V-L_029.pdf?sequence=1&isAllowed=y
18. Herrera Herbert, J. y Castilla Gómez, J. (2012). *Utilización de Técnicas de Sondeos en Estudios Geotécnicos*. Universidad Politécnica de Madrid: Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/10517/1/20120316_Utilizacion-tecnicas-sondeos-geotecnicos.pdf
19. López, F. y Martínez, M. (2014). *Análisis de la Calidad de los Bancos de Materiales Utilizados en el municipio de Rivas para la construcción de la capa Sub-base y Base de la superficie de Rodamiento*. Universidad Autónoma de Nicaragua: Managua. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/6264/1/64648.pdf>

20. Martínez, R. (2009). *Calidad de dos bancos de agregados para concreto, en el departamento de Chiquimula*. Universidad de San Carlos de Guatemala: Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2977_C.pdf

21. Pacheco, J. y Alonzo, L. (2003). *Caracterización del material calizo de la formación Carrillo Puerto en Yucatán*. Universidad Central de Venezuela: Venezuela. Recuperado de <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/caracterizacion.pdf>.

22. Pérez, N., Lavariega, D. y Garnica, P. (2014). *Comportamiento dinámico de suelos no saturados y su aplicación en las vías terrestres*. Instituto Mexicano del Transporte: Queretaro. Recuperado de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt420.pdf>