



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

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO, EN LA TRITURADORA
UBICADA EN EL KM 62 DE LA CARRETERA ANTIGUA A SIQUINALÁ, FINCA SANTA
ELENA, GUATEMALA**

Diego Antonio Soto Castañeda

Asesorado por el Ing. Julio Roberto Luna Aroche

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO, EN LA TRITURADORA
UBICADA EN EL KM 62 DE LA CARRETERA ANTIGUA A SIQUINALÁ, FINCA SANTA
ELENA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DIEGO ANTONIO SOTO CASTAÑEDA

ASESORADO POR EL ING. JULIO ROBERTO LUNA AROCHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
EXAMINADORA	Inga. Karla Giovanna Judith Pérez Loarca
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:

**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO, EN LA TRITURADORA
UBICADA EN EL KM 62 DE LA CARRETERA ANTIGUA A SIQUINALÁ, FINCA SANTA
ELENA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 30 de octubre de 2020.

Diego Antonio Soto Castañeda



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria.usac.edu.gt



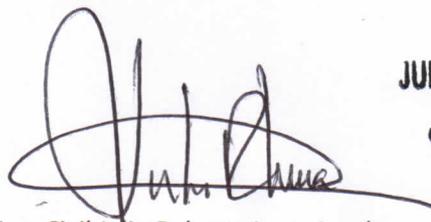
Guatemala, 29 de octubre del 2021

Ingeniero Civil
Hugo Leonel Montenegro Franco
Coordinador del Área de Materiales de Construcción
Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Montenegro:

Por medio de la presente le comunico que he revisado el informe final del Trabajo de Graduación con el tema "**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO, EN LA TRITURADORA UBICADA EN EL KM 62 DE LA CARRETERA ANTIGUA SIQUINALÁ, FINCA SANTA ELENA, GUATEMALA**"; elaborado por el estudiante de Ingeniería Civil Diego Antonio Soto Castañeda, quien se identifica con Registro Académico número **201603231** y Documento Personal de Identificación **3001-70823-0101**, considerando que dicho trabajo cumple los requisitos establecidos por la Escuela de Ingeniería Civil. Por lo anterior, doy mi aprobación y recomiendo para su publicación.

Sin otro particular, me suscribo atentamente,



Ing. Civil Julio Roberto Luna Aroche
Asesor de trabajo de graduación

JULIO ROBERTO LUNA AROCHE
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO No. 2,514

Más de 130 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Guatemala, 2 de noviembre de 2021

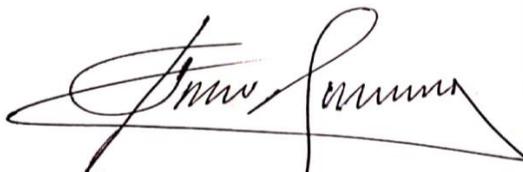
Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Fuentes, Le informo que he revisado el trabajo de graduación “**EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO, EN LA TRITURADORA UBICADA EN EL KM 62 DE LA CARRETERA ANTIGUA SIQUINALÁ, FINCA SANTA ELENA, GUATEMALA**”, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Diego Antonio Soto Castañeda, quién contó con la asesoría de la Ing. Julio Roberto Luna Aroche.

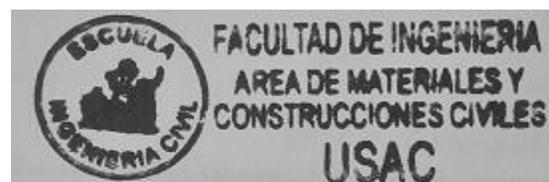
Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo, doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe de área de materiales y construcciones civiles.





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

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Julio Roberto Luna Aroche y del Coordinador del Departamento de Materiales y Construcciones Civiles Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco al trabajo de graduación del estudiante Diego Antonio Soto Castañeda **EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO, EN LA TRITURADORA UBICADA EN EL KM 62 DE LA CARRETERA ANTIGUA A SIQUINALÁ, FINCA SANTA ELENA, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil

Guatemala, noviembre 2021

/mrrm.





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

DTG.638.2021

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: **EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO, EN LA TRITURADORA UBICADA EN EL KM 62 DE LA CARRETERA ANTIGUA A SIQUINALÁ, FINCA SANTA ELENA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Diego Antonio Soto Castañeda**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi creador y guía, así como haberme permitido llegar hasta este momento tan importante en mi vida.

Mi familia

Entre ellos mi mamá Consuelo Castañeda. Por su incalculable amor, paciencia y apoyo para todas las metas que me he propuesto alcanzar a lo largo de mi vida hasta este momento. Mis hermanos Arq. Danilo Soto e Ing. Eduardo Soto. Por el cariño, apoyo que me han dado todo este tiempo y ser la fuente de inspiración para mi carrera. Ing. Civil Oswaldo Daetz, porque no se trata de lazos de sangre, se trata de quien estuvo ahí para apoyarme y darme la mano cuando la necesitaba a lo largo de mi vida estudiantil, con su experiencia profesional, palabras de aliento, apoyo incondicional y su invaluable tiempo

Mis amigos

Diego Javier, Diego Aquilar, Andrés Folgar, Camilo Cordero y Alejandra Ara, por su apoyo sin importar las situaciones en las que nos encontremos y las alegrías incontables durante todo este proceso y las que nos faltan por vivir.

**Mis compañeros de
universidad**

A todos en general, especialmente a Noé Ren, Carlos Abad, Marcela Méndez, Darlin Pereda, Sharon Archila, Edgar Choxom, Diego Santiesteban y Otto Calderon, por su apoyo durante toda la carrera. Sin ellos no hubiera sido posible cumplir esta meta.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi tía	Paula de Castañeda por su cariño y apoyo a lo largo de mi vida.
Mis primos	Mónica, Juan y Luis Eduardo Castañeda. Por las alegrías, ánimo y palabras de apoyo para llegar a este momento.
Facultad de Ingeniería	Por otorgarme todos los conocimientos y abrirme las puertas para cumplir mis metas.
Ing. Julio Roberto Luna Aroche	Por todo el apoyo y su valiosa asesoría para la elaboración del presente trabajo de graduación.
Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII y Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas, CESEM-USAC	Por permitirme realizar los ensayos en sus instalaciones y la asesoría prestada por parte de sus colaboradores.
Ing. Ricardo Pinetta	Por ser una importante influencia en mi carrera, y darme la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos durante mi carrera, entre otras cosas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Análisis de las propiedades físicas de los agregados	1
1.1.1. Descripción general de la normativa COGUANOR NTG 41007	1
1.1.1.1. Análisis completo de agregado fino	2
1.1.1.2. Análisis completo de agregado grueso.....	5
1.2. Análisis de las propiedades químicas de los agregados.....	7
1.2.1. Descripción general de la COGUANOR NTG 41088	8
1.2.1.1. Importancia y uso	8
1.2.1.2. Toma de muestra	9
1.2.1.3. Selección de muestra por evaluar.....	10
1.2.1.4. Examen de grava natural	11
1.2.1.5. Examen de arena natural	12
1.2.1.6. Clasificación de roca	12
1.2.1.7. Condiciones.....	13
1.2.1.8. Registros	14

1.2.2.	Método químico para la medición de la reactividad de los agregados norma COGUANOR NTG 41010 h13.....	14
1.2.2.1.	Aplicación y uso	14
1.2.2.2.	Equipo	15
1.2.2.3.	Procedimiento	16
1.2.2.4.	Interpretación de resultados.....	16
1.3.	Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados.....	18
1.3.1.	Ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles norma COGUANOR NTG 41010 h20	19
1.3.1.1.	Generalidades	19
1.3.1.2.	Aparatos	20
1.3.1.3.	Muestra de ensayo.....	21
1.3.1.4.	Procedimiento	21
2.	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL BANCO EN ESTUDIO.....	23
2.1.	Generalidades.....	26
2.2.	Ubicación y localización de los bancos de materiales	27
2.3.	Tipo de banco	27
3.	ENSAYOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO	29
3.1.	Ensayos y resultados de la norma COGUANOR NTG 41007	30
3.1.1.	Agregado fino	30
3.1.2.	Agregado grueso	32
3.2.	Ensayos y resultados de la norma COGUANOR NTG 41088, propiedades químicas y mineralógicas	34
3.2.1.	Ensayo y resultado de la muestra de agregado grueso.....	39

3.2.2.	Ensayo y resultado de la muestra de agregado fino	41
3.3.	Ensayo y resultados de la norma COGUANOR NTG 41010 h13, reactividad potencial	44
3.4.	Ensayo y resultado de la norma COGUANOR NTG 41010 h20	45
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	47
4.1.	Análisis e interpretación de resultados de la norma COGUANOR NTG 41007	47
4.2.	Análisis e interpretación de resultados de la norma COGUANOR NTG 41088	48
4.3.	Análisis e interpretación de resultados de la norma COGUANOR NTG 41010 h13	49
4.4.	Análisis e interpretación de resultados de la norma COGUANOR NTG 41010 h20	50
	CONCLUSIONES	51
	RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	ANEXOS	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	División entre agregados inocuos y dañinos.....	18
2.	Fotografía del lugar de extracción de agregado grueso.....	24
3.	Fotografía de apilamiento de agregado fino.....	24
4.	Fotografía de trituradora	25
5.	Fotografía del lugar de extracción de agregado fino.....	25
6.	Mapa de localización de la trituradora por estudiar.....	26
7.	Curva granulométrica del agregado fino	31
8.	Curva granulométrica de agregado grueso	33
9.	Andesita (agregado fino)	35
10.	Escoria andesítica (agregado grueso).....	36
11.	Escoria dacítica (agregado fino)	37
12.	Basalto andesítico (agregado fino).....	38
13.	Distribución de los componentes del agregado grueso según el número de tamiz	40
14.	Distribución de los componentes del agregado fino según el número de tamiz	44

TABLAS

I.	Límites de graduación para el agregado fino	2
II.	Clasificación de la arena por su módulo de finura	3
III.	Límites de sustancias perjudiciales en agregados finos	4
IV.	Tamaños mínimos para muestras de arena y grava no explotadas..	10
V.	Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 gramos de muestra	21
VI.	Granulometría de agregado fino.....	31
VII.	Características físicas del agregado fino	32
VIII.	Granulometría de agregado grueso	33
IX.	Características físicas del agregado grueso	34
X.	Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado grueso.....	39
XI.	Porcentaje de partículas que componen el agregado grueso.....	40
XII.	Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado fino	42
XIII.	Porcentaje de partículas que componen cada tamiz del agregado fino	43
XIV.	Determinación de la reactividad potencial de agregado fino según la norma NTG 41010 h13.....	49

LISTA DE SÍMBOLOS

g	Gramo
m	Metro
mm	Milímetro
μm	Micrómetro
plg	Pulgadas

GLOSARIO

ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).
CESEM	Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas
CII	Centro de investigaciones de ingeniería
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
Deletéreo	Dañino o reactivo con la mezcla de concreto.
NTG	Norma técnica guatemalteca

RESUMEN

En el siguiente proyecto se analiza la calidad de los agregados utilizados en la elaboración de concreto producidos en la trituradora ubicada en el km 62 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala. Para la elaboración de los estudios respecto a la calidad de los agregados, se tomaron muestras tanto de agregado fino como grueso, que fueron trasladadas y analizadas en los laboratorios del Centro de investigaciones de Ingeniería (CII) y al Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), donde se practicaron los ensayos respectivos para identificar las propiedades mecánicas, químicas, mineralógicas y físicas.

Se utilizó la norma NTG 41088 Práctica estándar para examen petrográfico de agregados para concreto para determinar las propiedades mineralógicas del agregado, NTG 41010 h20 Método de ensayo estándar para resistencia a la degradación del agregado por abrasión en la máquina de los ángeles, NTG 41007 Especificación estándar para agregados de concreto que determina las propiedades físicas del agregado y NTG 41010 h13 Método estándar para reactividad potencial de agregados, método químico.

Con los datos proporcionados por los ensayos de laboratorio se concluyó que los agregados de estos bancos son los indicados para fabricar concreto ya que cumplen con los parámetros y requisitos que establecen las normas anteriormente mencionadas.

OBJETIVOS

General

Evaluar la calidad de agregados para concreto en la trituradora ubicada en el km 62 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala, mediante ensayos indicados basados en las normas nacionales.

Específicos

1. Determinar el tipo de minerales que forman el agregado grueso utilizado para el concreto estableciendo si son o no recomendables, para ser considerados al momento de realizar obras de infraestructura basado en la norma NTG 41088.
2. Identificar las propiedades de resistencia a la abrasión e impacto de agregados grueso según la norma NTG 41010 h20.
3. Establecer las características físicas del agregado grueso según la norma NTG 41007 que produce en la trituradora ubicada en el km 62 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala., utilizado para el concreto en la región.
4. Determinar la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados con la norma NTG 41010 h13.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores más importantes en el desarrollo de la industria de la construcción es la información respecto a la calidad de los materiales utilizados en la misma.

En Guatemala la producción de agregados para su uso en la construcción ha aumentado, estos son clasificados por su procedencia la cual puede ser natural o triturado, todos los agregados deben cumplir con ciertas características y propiedades para garantizar su uso para cualquier obra de ingeniería, por ende, la necesidad de conocer la calidad de estos, tanto gruesos como finos producidos en los bancos de materiales de Guatemala y la interpretación de los resultados de laboratorio.

Los materiales para la construcción que serán utilizados en obras pueden preseleccionarse, esto se obtiene mediante la comparación de las características físicas, químicas y propiedades mecánicas, con las normas NTG 41010 h20, NTG 41007, el análisis petrográfico con la norma NTG 41088, NTG 41010 h13 utilizada para la determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados.

Es importante la aplicación de toda la normativa para agregados, para una correcta práctica de ingeniería civil en cuanto a la elaboración de concreto que tendrá uso estructural, dando así la vida útil esperada de cualquier estructura.

El objetivo principal de esta investigación es la caracterización de los agregados utilizados en la trituradora ubicada en el km 62 de la carretera antigua

a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala., si cumplen estándares para su utilización en el concreto basado en la normativa NTG.

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta la teoría y los procedimientos normados de ensayo sobre los cuales se sustenta el análisis de calidad de agregados, con base en las normas Coguanor (Comisión Guatemalteca de normas).

1.1. Análisis de las propiedades físicas de los agregados

Las propiedades físicas son aquellas que pueden ser medibles o determinadas sin que cambie la composición de la materia. Los agregados utilizados para la elaboración de concreto deben estar formados por partículas duras y compactas, con forma, textura y granulometría adecuadas. Existen ciertos aspectos que restan resistencia y calidad al concreto como lo pueden ser el porcentaje alto de material ligero o de partículas de forma alargada o plana, las especificaciones fijan los límites permisibles de tolerancia. Se acepta como norma de calidad la especificación COGUANOR NTG 41007, la cual se describe a continuación.

1.1.1. Descripción general de la normativa COGUANOR NTG 41007

Esta especificación define los requisitos de tamaño y de calidad de los agregados finos y gruesos que son utilizados para la elaboración de concreto de uso estructural, por lo que se considera la más adecuada para determinar si el agregado es satisfactorio para su uso en el concreto.

1.1.1.1. Análisis completo de agregado fino

El agregado fino es representado por arenas naturales, arenas manufacturadas o una combinación de ambas. Se determina como el material que pasa por el tamiz núm. 4 hasta el tamiz núm. 100.

- Granulometría

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites muestra en la tabla I.

Tabla I. Límites de graduación para el agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8" (9.5 mm)	100
Nro. 4 (4.75 mm)	95 a 100
Nro. 8 (2.36 mm)	80 a 100
Nro. 16 (1.18 mm)	50 a 85
Nro. 30 (600 µm)	25 a 60
Nro. 50 (300 µm)	10 a 30
Nro. 100 (150 µm)	2 a 10

Fuente: Normas Técnica Guatemalteca. *NTG 41007 Agregados para Concreto. Especificaciones.* p. 10.

El agregado fino no debe tener más de 45 % que pase cualquier tamiz y retenido en el tamiz próximo al núm. 100, y su módulo de finura no debe ser menor que 2,3 ni mayor que 3,1.

Tabla II. **Clasificación de la arena por su módulo de finura**

Tipo de arena	Módulo de finura
Gruesa	2.9 - 3.2 gramos
Media	2.2 - 2.9 gramos
Fina	1.5 - 2.9 gramos
Muy fina	1.5 gramos

Fuente: GAITÁN OROZCO, Sergio. *Análisis mineralógico y examen petrográfico de agregado fino para concreto de tres bancos de la región central del país.* p. 25.

El módulo de finura no deberá ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 y no debe variar más del 0,20 del valor base, que es el valor típico de la fuente.

- Sustancias perjudiciales

La cantidad de sustancias en el agregado fino no excederá los límites presentados en la tabla III.

Tabla III. **Límites de sustancias perjudiciales en agregados finos**

Sustancia	Porcentaje máximo en peso del total de la muestra
Arcilla y partículas disgregables	3.0
Material más fino que el tamiz 200 (75 µm): Concreto sujeto a abrasión	
Cualquier otro concreto	A A 3.0 5.0
Carbón y lignito	
Cuando es importante la apariencia del concreto	0.5
Cualquier otro concreto	0.1

Fuente: Normas Técnica Guatemalteca NTG 41007 *Agregados para Concreto. Especificaciones*, p. 8.

Estos valores pueden aumentar entre el 5 y 7 % siempre y cuando el valor de azul metileno sea igual o inferior a 6mg de azul por cada g de finos (75 µm [No. 200]).

- Impurezas orgánicas

Las impurezas orgánicas son determinadas por la prueba colorimétrica. A excepción de los límites presentados en la tabla III, aquellos agregados sujetos a prueba de impurezas orgánicas y que produzcan un color más oscuro al habitual deberán ser rechazados excepto aquellos que cumplan las condiciones siguientes:

Puede usarse un agregado fino que no haya cumplido con el ensayo, si se determina la presencia de carbón, lignito o partículas similares que provoquen dicha decoloración.

El agregado fino que no pase dicho ensayo podrá ser utilizado en la elaboración de morteros, siempre que se ensaye para determinar el efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia de este, la resistencia esperada a los 7 días, calculada de acuerdo con el método de ensayo ASTM C87, no menor al 95 %, de la resistencia de referencia.

1.1.1.2. Análisis completo de agregado grueso

Se considera como agregado grueso todo aquel material retenido a partir del tamiz núm. 4, este no debe tener forma alargada ni tampoco poseer gran cantidad de vacíos de acuerdo con lo indicado en la especificación COGUANOR NTG 41007. El agregado grueso está formado fundamentalmente por gravas, gravas trituradas, piedra triturada, concreto de cemento hidráulico triturado o una combinación de lo anterior.

- Granulometría

Los agregados gruesos deben llenar los requerimientos descritos en la especificación COGUANOR NTG 41007 para cada número de tamiz, según el tamaño de agregado por utilizar. El tamaño del agregado se determina en función de las necesidades que requiere el concreto.

- Sustancias perjudiciales

Los límites de sustancias perjudiciales en los agregados gruesos para la elaboración de concreto están en función del tiempo de agregado, similares a los del agregado fino, ver tabla III.

Los agregados gruesos no deben tener cantidades excesivas de sustancias que pueden ser perjudiciales en el concreto como la arcilla, carbón y lignito, ceniza y material fino. Los límites dependerán del uso que se le dará al concreto.

El agregado grueso utilizado en la elaboración de concreto que estará expuesto con frecuencia al agua debe estar libre de material que reaccione peligrosamente con los álcalis del cemento. Si hay presencia de este material en cantidades peligrosas, el agregado grueso será rechazado.

- Absorción y contenido de humedad

La humedad en los agregados es principalmente por humedad superficial, humedad de saturación o libre. Es necesario conocer el contenido de humedad para corregir el peso del material en la mezcla, se obtiene el porcentaje de humedad contenida, además del porcentaje de absorción del agregado.

Un cambio del 1 % en el contenido de humedad, cambia el asentamiento del concreto en 1.5 pulgadas y la resistencia en 300 *lbs./pulg.²* Los agregados se encuentran en cualquiera de los siguientes estados:

- Seco al horno, completamente seco y absorbente.
- Seco al aire, seco en su superficie, pero con poco contenido de humedad, menor que la requerida para saturar las partículas. Poco absorbente.
- Húmedo o mojado, contiene exceso de humedad en la superficie de las partículas.
- Saturado y de superficie seca, condición ideal que debe tener el agregado para que no adicione o absorba agua del concreto.

Para el diseño de mezcla del concreto se debe considerar en los cálculos los agregados en condiciones seco-saturado.

- **Peso específico**

La masa específica de un cuerpo homogéneo es la masa por unidad de volumen de ese cuerpo. En caso de los agregados se debe determinar el peso del volumen aparente de estos materiales sin descontar los poros y espacios libres.

La gravedad específica al peso específico relativo y para agregados finos se determina por métodos descritos en la norma COGUANOR NTG 41010 h9 y para agregado grueso COGUANOR NTG 41010 h8 y que consiste en medir el desplazamiento del agua, producido por un peso conocido de agregado en condición saturada y de superficie seca; se usa para este objeto una probeta calibrada.

- **Peso unitario**

Al determinar el peso unitario se observa que está influenciado por el grado de asentamiento y por el contenido de humedad, por lo que debe calcularse con el material seco apisonado y suelto.

1.2. Análisis de las propiedades químicas de los agregados

Los agregados con alto contenido de sílice pueden producir reacciones negativas en el concreto al interactuar con sustancias alcalinas (Na_2O y K_2O) en un concreto. Estas reacciones pueden ser lentas o espaciosas, y consisten en

la generación de hidróxidos de elementos alcalinos cuando estos entran en contacto con el agua, posteriormente al combinarse con sílice hidratada generando un gel de silicato de sodio hidratado que conlleva un aumento de volumen de hasta el 50 %.

Un cambio en el volumen produce fisuras entre los agregados y el cemento, provocando un mal desempeño en la función estructural del concreto, y se pueden presentar casos de explosiones internas.

1.2.1. Descripción general de la COGUANOR NTG 41088

Esta normativa es utilizada para determinar la presencia de sustancias o minerales que provocan reacciones perjudiciales al momento de reaccionar con el cemento Portland a corto, mediano y largo plazo.

1.2.1.1. Importancia y uso

Una evaluación petrográfica debe identificar y advertir sobre componentes potencialmente reactivos de álcali-sílice y reactivos de álcali-carbonato, determinar dichos compuestos, y recomendar ensayos adicionales para confirmar o rechazar la presencia en cantidades significativas de agregados compuestos capaces de formar reacciones álcali en el concreto.

Se utiliza principalmente ya que la presencia de contaminantes como ceniza, clínker óxido de magnesio u otros químicos o minerales que pueden afectar el comportamiento de fraguado del concreto o de las propiedades del agregado que pueda resultar indeseable en el concreto.

1.2.1.2. Toma de muestra

Las muestras que serán utilizadas para los exámenes petrográficos deben ser realizadas bajo la supervisión directa de un geólogo familiarizado con los requisitos para muestreos de agregados para concreto y siguiendo los requerimientos de la norma NTG 41009 (ASTM D75), la localización de donde es tomada la muestra, la geología de la zona y tomar en cuenta toda aquella información adicional pertinente con la muestra. El total del material que será realmente estudiado en la evaluación petrográfica debe ser determinada por la naturaleza del examen y de la calidad del material a ser evaluado.

- Toma de muestra en cantera no explotada

Este tipo de toma de muestra debe ser por medios de núcleos perforados a través de toda la profundidad que se planea explotar. La perforación de dichos núcleos debe ser de forma perpendicular a la característica estructural dominante de la roca. Capas delgadas o material complejo debe representarse por núcleos de no menos de 100 mm (4 pulg) de diámetro. Toda la información como la profundidad, elevaciones y pérdidas en el núcleo y el material recolectado en su totalidad debe ser incluida en la muestra.

- Toma de muestra en canteras en operación y depósitos de arena y grava en operación

Donde se tiene disponibles pilas de almacenamiento de material, se debe representar por al menos con 45 kg o 300 piezas para la muestra, lo que sea mayor, de cada tamaño del material a ser evaluado.

- Caras expuestas de canteras no productoras

Al no tener disponibles pilas de material procesado, la muestra se debe representar por al menos 2 kg de cada estrato o capa distinta.

- Depósitos de grava y arena no explotados

La muestra debe ser por medio de pozos de sondeo excavados a la profundidad esperada para la futura producción económica. Las muestras deben seguir las indicaciones de la siguiente tabla.

Tabla IV. **Tamaños mínimos para muestras de arena y grava no explotadas**

Tamaño del tamiz	Cantidad		
	kg	lb	Piezas ^B
Mayores que 150 mm (6 pulg) ^A
75 a 150 mm (3 a 6 pulg) ^A	300 ^B
37.5 a 75 mm (1½ a 3 pulg) ^A	180	(400)	...
19.00 a 37.5 mm (¾ a 1 ½ pulg) ^A	90	(200)	...
4.75 a 19 mm (No. 4 a ¾ pulg) ^A	45	(100)	...
Más fino que 4.75 mm (No. 4) ^{A, C}	23	(50)	...

Fuente: Normas Técnica Guatemalteca NTG 41088 *Guía para la evaluación petrográfica de los dos para el concreto*. p. 15.

1.2.1.3. Selección de muestra por evaluar

Las muestras que serán utilizadas para la evaluación petrográfica deben ser tamizadas en seco para proporcionar muestras de cada tamaño de tamiz. Cuando se trata de la arena se utiliza una cantidad extra que se ensaya según la norma NTG 41010 h3, guardando el agua de lavado y secado con el fin de obtener una muestra que pase por el tamiz núm. 200.

Los resultados del análisis de los tamices para cada muestra realizada se le deben proporcionar al petrógrafo. Cada fracción de tamiz se evalúan de manera separada empezando por el mayor tamaño disponible para su fácil identificación; si el caso lo requiere se puede necesitar el uso del microscopio estereoscópico para reconocer las pequeñas partículas de una manera más sencilla, o el uso del microscopio petrográfico.

1.2.1.4. Examen de grava natural

El recubrimiento: las partículas deben evaluarse con el fin de identificar si los recubrimientos exteriores están presentes, si este es el caso se determina si consisten en materiales que pueden ser perjudiciales para el concreto.

Se debe determinar cuantitativamente la firmeza con la que el recubrimiento está unido a dichas partículas.

Las características más importantes que se deben tomar en cuenta al momento de describir la muestra son las siguientes:

- Forma de la partícula.
- Textura superficial de la partícula.
- Tamaño del grano.
- Estructura interna, incluyendo observaciones del espacio entre poros, agrupación de granos, cementación de los granos.
- Color.
- Composición mineral.
- Heterogeneidades significativas.
- Condición física general del tipo de roca en la muestra.
- Recubrimientos o incrustaciones.

- Presencia de algún constituyente conocido que cause una reacción de deterioro químico en el concreto.

1.2.1.5. Examen de arena natural

El procedimiento para evaluar la arena natural es similar al que se utiliza en el de grava, con las modificaciones en cuanto al tamaño de la partícula.

Es recomendable esparcir la muestra en una placa de vidrio con fondo plano y manipular los granos con pinza. Suele ser más sencilla la identificación de los granos de las arenas de tamaño más grueso cuando los granos están sumergidos en agua.

El petrógrafo debe determinar la presencia de vidrio, triturando granos típicos y evaluándolos en un medio de inmersión, utilizando el microscopio petrográfico.

1.2.1.6. Clasificación de roca

Los fragmentos de roca se deben clasificar por una inspección visual, esto se puede realizar si existen varios grupos de fragmentos que pueden ser fácilmente identificables y separados de una forma ya sea en una superficie natural, una superficie fracturada, una superficie perforada o un examen de acidez, puede que no sea necesario realizar una evaluación demasiado extensa.

Al realizar exámenes en las rocas de grano fino es necesario utilizar el microscopio estereoscópico para verificar la existencia de sustancias dañinas para el concreto, si estos elementos no pudieran ser identificados por este método, deben ser identificados por el petrógrafo por medio del microscopio.

Se recomienda tomar en consideración los registros existentes de exámenes realizados con anterioridad en la misma fuente, normalmente esto, refleja el trabajo a nivel microscópico que debe realizarse a la muestra para obtener la información que se necesite, en función de la necesidad de los trabajos por efectuar.

1.2.1.7. Condiciones

Deben examinarse las muestras por grupos separados según el tipo de grano para determinar si es necesario realizar una separación según su condición física.

Debe determinarse la existencia de algún tipo de partícula de forma reconocible en condiciones agrupadas, ya que normalmente se encuentran partículas con diferente grado de desgaste en diferentes grupos que deben ser clasificadas en categorías basadas en su condición y comportamiento con el concreto.

Normalmente no es factible reconocer más de tres condiciones en función del tipo de roca, ya que normalmente el reconocimiento de una o dos condiciones puede ser suficientes. Cuando existe un componente importante en grandes cantidades a veces puede requerir una separación en cuatro grupos según su condición.

Un ejemplo puede ser el contenido de cuarzo cuando se encuentra en grandes cantidades en las arenas gruesas, ya que puede encontrarse como: denso, cuarzo deleznable, cuarzo volcánico, cuarzo poroso como cuarzo altamente deleznable.

La determinación de cualquiera de las cuatro características (densas, porosas, densas o moderadamente erosionadas) en un examen puede brindar información sobre el comportamiento que tenga los agregados en el concreto.

1.2.1.8. Registros

El registro consta del conteo de partículas para que por medio de cuadros se incluyan en el reporte. Estos cuadros deben incluir suficiente información para la descripción de cada uno.

Los cuadros se preparan para mostrar la composición y condición de las muestras por fracción y la composición promedio ponderado, en función de la granulometría de la muestra tal como se recolectó y sobre la distribución de los componentes por fracciones de tamiz.

1.2.2. Método químico para la medición de la reactividad de los agregados norma COGUANOR NTG 41010 h13

Este método de ensayo cubre la determinación química de la reactividad potencial de un agregado con los álcalis del concreto de cemento Portland.

1.2.2.1. Aplicación y uso

Se muestra una correlación con el desempeño de algunos agregados en la estructura del concreto cuando se muestra reacción de los agregados al exponerlos a soluciones de hidróxido de sodio y los componentes silíceos. Este método puede ser empleado como una de las muchas herramientas de control de calidad de los agregados.

Este ensayo describe un método químico para determinar la reactividad potencial de un agregado con álcalis, en un concreto elaborado con cemento Portland, de acuerdo con la magnitud de la reacción que ocurre durante 24 horas a 80 °C, entre una solución de hidróxido de sodio 1 N y un agregado que ha sido triturado y cernido de forma que pase por un tamiz núm. 50 y quede retenido en un tamiz núm. 100.

1.2.2.2. Equipo

- Balanzas o básculas y pesas: las balanzas o básculas y las pesas usadas para el pesaje de la muestra.
- Balanza analítica: la balanza analítica y los pesos usados para determinar la sílice disuelta.
- Equipo de trituración y pulverización: una pequeña trituradora de mandíbulas y un pulverizador de disco u otro equipo apropiado para triturar y pulverizar.
- Tamices: núm. 50, núm. 100 y núm. 4.
- Recipiente de reacción: los recipientes de reacción deben ser de una capacidad de 50 a 75 ml, hechos de acero resistente a la corrosión o de otro material resistente a la corrosión y provistos de tapas herméticas.
- Baño de temperatura constante: un horno de convección o un baño de agua provisto de un control de temperatura.
- Espectrofotómetro o fotómetro: un espectrofotómetro o un fotómetro fotoeléctrico capaz de medir la transmisión de la luz o una longitud de onda constante de aproximadamente 410 nm.
- Cristalería: equipos de vidrio seleccionados cuidadosamente para que cumplan con los requisitos particulares de cada operación.

1.2.2.3. Procedimiento

Tarar tres porciones representativas de $25,00 \pm 0,05$ g de la muestra seca que se encuentra entre el tamiz núm. 50 y núm. 100. Colocar cada porción en cada uno de los recipientes y agregar con una pipeta, 25 mL de la solución de hidróxido de sodio (1,000 N NaOH). En un cuarto recipiente que tendrá la función de servir como testigo, se debe agregar 25 mL de la misma solución NaOH para usarla como solución blanca. Se sellan los cuatro recipientes de reacción y se hacen girar suavemente para liberar el aire atrapado.

Después de sellar los recipientes, se colocan en un baño de temperatura constante de 80 ± 1 °C. Después de $24 \pm 1/4$ h, se sacan los recipientes de reacción del baño y se enfrían por 15 ± 2 min, bajo un chorro de agua con una temperatura menor de 30 °C.

Inmediatamente después de haber filtrado la solución del residuo del agregado se agita el filtrado para garantizar su homogeneidad y luego con una pipeta se toma una parte alícuota de 10 mL del filtrado y se diluye con agua hasta 200 mL en un frasco volumétrico. Se guarda esta solución diluida para la determinación de la sílice disuelta y de la reducción en alcalinidad con el procedimiento y las fórmulas dados en la norma.

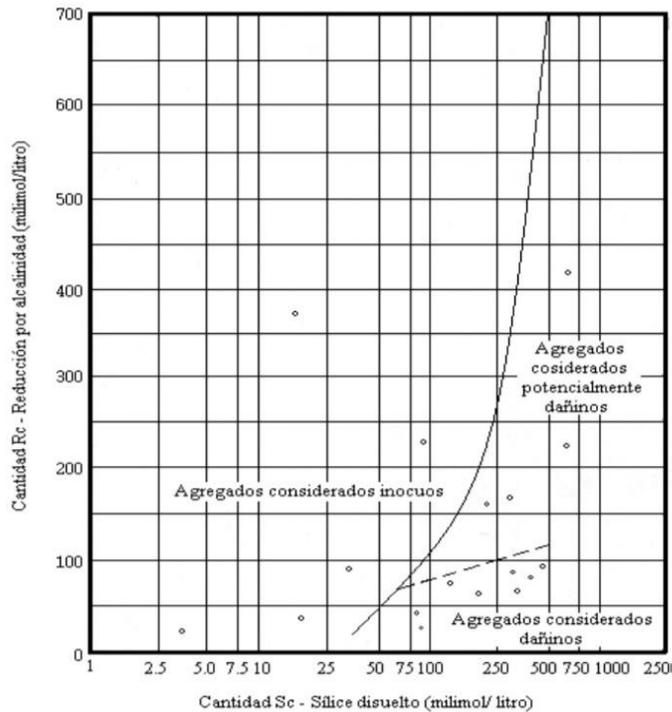
1.2.2.4. Interpretación de resultados

Se han publicado estudios que correlacionan los resultados obtenidos a partir de este método con el comportamiento de los agregados en estructuras de concreto, con la expansión de barras de morteros elaborados con cemento de alto contenido de álcali y con los exámenes petrográficos de los agregados.

Con base en esta información, se ha dibujado la curva indicada en la figura 1. Si cualquiera de los tres puntos Rc, Sc se encuentran ubicados en el lado dañino de la curva de la figura 1, esto indicará un grado potencial dañino de reactividad alcalina. Sin embargo, agregados potencialmente dañinos, que en principio pueden ser extremadamente reactivos con los álcalis y que aparecen representados por puntos que están situados por encima de la línea de trazos de la figura 1, pueden producir expansiones relativamente bajas. A pesar de esto, se considerará que estos agregados indican un grado de reactividad potencial dañino, hasta tanto se demuestre el carácter inocuo del mismo, por medio de datos sobre su uso o por ensayos suplementarios.

Los que muestra este ensayo pueden no ser correctos para aquellas muestras que contienen carbonatos de calcio, de magnesio o hierro ferroso, tales como la calcita, dolomita, magnesita o siderita; o silicatos de magnesio tales como la serpentina. Para identificar la presencia de estos minerales se debe realizar un examen petrográfico de los agregados.

Figura 1. **División entre agregados inocuos y dañinos**



Fuente: Normas Técnica Guatemalteca *NTG 41010 h13 Método de ensayo. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados. Método químico.* p. 17.

1.3. **Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados**

Como uno de los principales índices de calidad del agregado grueso es la resistencia al desgaste (abrasión), y la resistencia al rayado de este.

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados se emplea el ensayo en la máquina de los Ángeles, de acuerdo con la norma COGUANOR NTG 41010 h20 que consiste principalmente en colocar el agregado dentro de un cilindro rotatorio junto a unas bolas de acero por un periodo de tiempo en

específico según la norma anterior, después es posible determinar el porcentaje de desgaste.

El agregado grueso ensayado a desgaste no deberá mostrar una pérdida mayor del 50 % en peso, si fuera el caso, podrá usarse siempre y cuando produzca resistencias satisfactorias en el concreto de proporciones seleccionadas.

1.3.1. Ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles norma COGUANOR NTG 41010 h20

Este método cubre el procedimiento para ensayos de agregado grueso menores de 1 1/2 pulgadas (37,5 mm), para determinar su resistencia al desgaste en la máquina de los Ángeles.

1.3.1.1. Generalidades

En el ensayo de la máquina de los Ángeles se determina la resistencia al desgaste que tienen los agregados sometidos al mismo, resulta de la combinación de acciones incluyendo la abrasión e impacto en un tambor rotativo de acero que contiene un número específico de esferas de acero, esto dependerá de la graduación de la muestra. Mientras el tambor se encuentra rotando, una placa eleva la muestra junto a las esferas de acero, moviéndolas hasta la parte superior del tambor para luego ser soltadas, causando un efecto de trituración por impacto.

El agregado junto con las esferas sigue rotando dentro del tambor con una acción abrasiva hasta que la placa hace impacto y el ciclo continuo.

Posteriormente al transcurrir el número de revoluciones preestablecido, el contenido es retirado del tambor y el agregado es tamizado para medir el desgaste como el porcentaje de peso perdido durante el proceso.

1.3.1.2. Aparatos

Se usa la máquina de ensayo de desgaste de los Ángeles que satisfaga las características descritas en la norma COGUANOR NTG 41010 h20. La máquina consiste en un tambor cilíndrico hueco, cerrado en ambos extremos, teniendo un diámetro interior de 28 pulgadas y una longitud interior de 20 pulgadas.

El tambor debe estar montado sobre ejes unidos en los extremos del cilindro sin atravesarlo, este debe ser montado de manera que pueda girar en posición horizontal.

El tambor debe tener una abertura para introducir la muestra de ensayo. Esta abertura debe considerar un cierre hermético para impedir la pérdida de material de ensayo y polvo, cuenta con una placa cubierta que asegure un cierre mediante tornillos que la ajusten en su lugar. Se debe montar en el interior de la superficie del cilindro una pestaña de acero removible que se extienda la longitud total del cilindro.

La carga debe consistir en esferas de acero con diámetro promedio de 46,8 mm y cada una tiene una masa de 390 g a 445 g cada una.

1.3.1.3. Muestra de ensayo

La muestra de ensayo debe ser lavada y luego secada al horno a una temperatura entre $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta obtener una masa constante.

1.3.1.4. Procedimiento

- Se debe realizar la granulometría con una cantidad representativa para obtener los porcentajes y cantidades retenidas.
- De acuerdo con la cantidad de material, se clasifica por su desgaste según la siguiente tabla:

Tabla V. **Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 gramos de muestra**

TIPO	TAMICES	PESO RETENIDO (gr.)	No. DE ESFERAS	REV.	TIEMPO (min.)
A	1", ¾", ½" y ⅜"	1250±10	12	500	17
B	½" y ⅜"	2500±10	11	500	17
C	¼" y No. 4	2500±10	8	500	17
D	No. 8	5000	6	500	17

Fuente: Normas de la Asociación Americana para Ensayos de Materiales. Vol 0.4.03 p. 10 y 11.

- Se encuentra la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra de ensayo, este valor se expresa en forma de porcentaje del peso inicial de la muestra ensayada, esto se interpretará como el porcentaje de desgaste.

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL BANCO EN ESTUDIO

El banco en estudio se escogió en función a su importancia en cuanto en a su ubicación geográfica y volumen de extracción. En este banco de materiales se tritura agregado grueso y fino, está ubicada en el km 62 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala.

En el municipio de Escuintla se encuentra un banco de agregados finos y gruesos ubicados en el cauce del río Guacalate, a la altura del kilómetro 62 de la carretera antigua a Siquinalá. El agregado en este banco está conformado por partículas de basalto andesítico en su mayor parte y escoria dacítica, las andesitas de esta área tienen cierto grado de fragilidad por la facilidad de rotura por choque de los fenocristales de la plagioclasa que contiene.

Se tomaron muestras de material manufacturado, una de agregado fino y otra de grueso directamente del lugar de trituración.

Figura 2. **Fotografía del lugar de extracción de agregado grueso**



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Fotografía de apilamiento de agregado fino**



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Fotografía de trituradora**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Fotografía del lugar de extracción de agregado fino**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Mapa de localización de la trituradora por estudiar**



Fuente: Google. *Ubicación.*

https://earth.google.com/web/search/AGRECA+ESCUINTLA+,+FINCA+SANTA+ELENA,+Escuintla/@14.29070376,-90.7881673,321.0545989a,12229.00428341d,35y,321.5491497h,0t,0r/data=CpoBGnASagolMHg4NTg4ZTI3MmFkOTViZmY3OjB4NDg1YTM5ZTZhMmVIM2NkNBm1SIV_KYwsQCFJeyh22bNWwCovQUdSRUNBIEVTQ1VJTIRMQSAsIEZJTkNBIFNBtIRBIEVMRU5BLCBFc2N1aW50bGEYASABliYKJAmgUgN4Up4sQBEGM_O8G4sQBIf6PgcibFWwCHMZFQ8LbVWwA. Consulta: 21 de septiembre de 2021.

2.1. Generalidades

Este es un departamento situado al sur-centro del país. Posee una extensión territorial de 4 384 kilómetros cuadrados. Su cabecera departamental es Escuintla. Limita al norte con Chimaltenango, Guatemala y Sacatepéquez; al sur con océano Pacífico; al este con Santa Rosa; y al oeste con Suchitepéquez.

2.2. Ubicación y localización de los bancos de materiales

La trituradora de donde se obtienen los agregados se representan de manera gráfica en mapas.

2.3. Tipo de banco

El material que predomina principalmente en el sitio se denomina: basalto y andesita, eventualmente se encuentran fragmentos dacíticos e intrusivos ácidos, esto es debido a que se encuentra ubicado sobre un manto de rocas ígneas del periodo Cuaternario. Volcánico; rocas ígneas del periodo Cuaternario (rocas volcánicas).

Es de hacer mención que para que la calidad del concreto sea adecuada, se debe utilizar principalmente rocas de composición básica o intermedia, debido a su alta densidad y bajo contenido de sílice.

3. ENSAYOS Y RESULTADOS DE LABORATORIO

Los ensayos se realizan con el fin de identificar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados tanto finos como gruesos utilizados en el concreto.

La muestra de agregados recogida de la trituradora ubicada en el km 62 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala, fue trasladada a la sección de concretos del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se realizaron los ensayos de propiedades físicas (COGUANOR NTG 41007), químicas (COGUANOR NTG 41010 h13) y mecánicas (COGUANOR NTG 41010 h20). El examen petrográfico (COGUANOR NTG 41088) se realizó en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como parte de análisis de propiedades químicas y mineralógicas. El examen petrográfico se realizó con el apoyo de un microscopio estereoscópico, con el cual se clasificaron los minerales y componentes de las muestras de agregados tanto finos como gruesos según el número de tamiz.

El ensayo de reactividad potencial de desgaste por alcalinidad y sílice disuelta se realizó en el Área de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Los ensayos que determinaron las propiedades físicas que se realizaron en los agregados gruesos fueron: peso unitario, peso específico, porcentaje de vacíos, porcentaje de absorción y granulometría, y para el agregado fino se realizaron los ensayos mencionados anteriormente, contenido de materia

orgánica y porcentaje de finos. Para determinar las propiedades mecánicas se realizó el ensayo en la máquina de los Ángeles.

3.1. Ensayos y resultados de la norma COGUANOR NTG 41007

Los ensayos básicos realizados tienen como finalidad determinar la calidad y los parámetros aceptables de las propiedades físicas de los agregados conforme a la norma COGUANOR NTG 41007, la información obtenida será analizada a continuación. Los informes entregados por el Centro de Investigaciones de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentran en los anexos.

3.1.1. Agregado fino

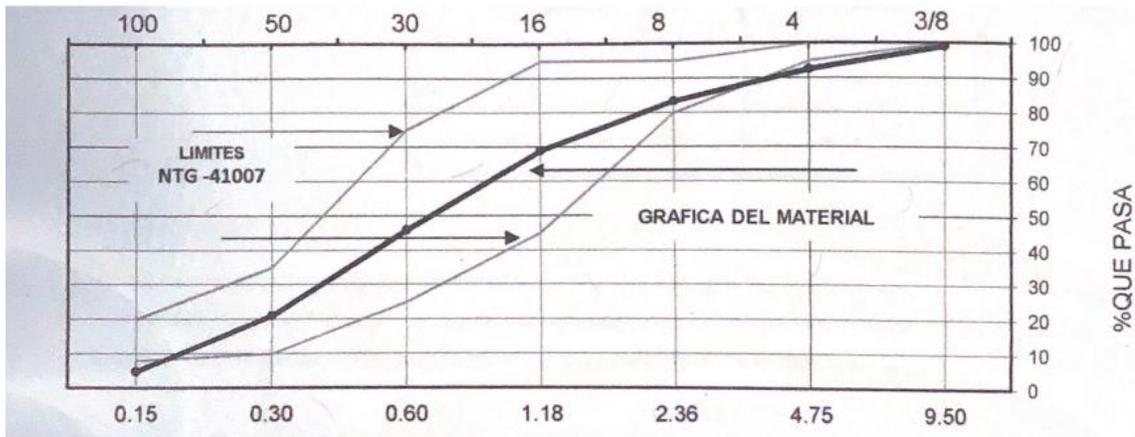
A continuación, se encuentran los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio y su análisis basado en la teoría de la primera parte de este trabajo. Los resultados se muestran de la siguiente forma: en la tabla VI se muestra el porcentaje en peso de partículas que pasan por cada tamiz. En la figura 3 se muestra la curva granulométrica.

Tabla VI. **Granulometría de agregado fino**

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
3/8" (9.5 mm)	99,10 %
No. 4 (4.75 mm)	92,60 %
No. 8 (2.36 mm)	83,30 %
No. 16 (1.18 mm)	68,90 %
No. 30 (600 μm)	45,90 %
No. 50 (300 μm)	21,00 %
No. 100 (150 μm)	4,70 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Curva granulométrica del agregado fino**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla VII. **Características físicas del agregado fino**

Densidad relativa (sss)	2,71
Densidad (sss) (kg/m^3)	2 700,00
Masa unitaria, suelta (kg/m^3)	1 610,00
Porcentaje de vacíos, suelto (%)	41,00
Porcentaje de absorción (%)	0,50
Contenido de materia orgánica	2
Pesa tamiz #200 (%)	0,40
Módulo de finura	2,85

Fuente: elaboración propia

El peso específico, peso unitario, porcentaje de absorción son características físicas propias del material que son consideradas al momento de elaborar la mezcla de concreto.

El agregado fino obtenido de la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala, cumple con las especificaciones estándar que brinda la norma COGUANOR NTG 41007, por lo tanto, pueden ser considerados para ser usados como agregado fino para concreto.

3.1.2. Agregado grueso

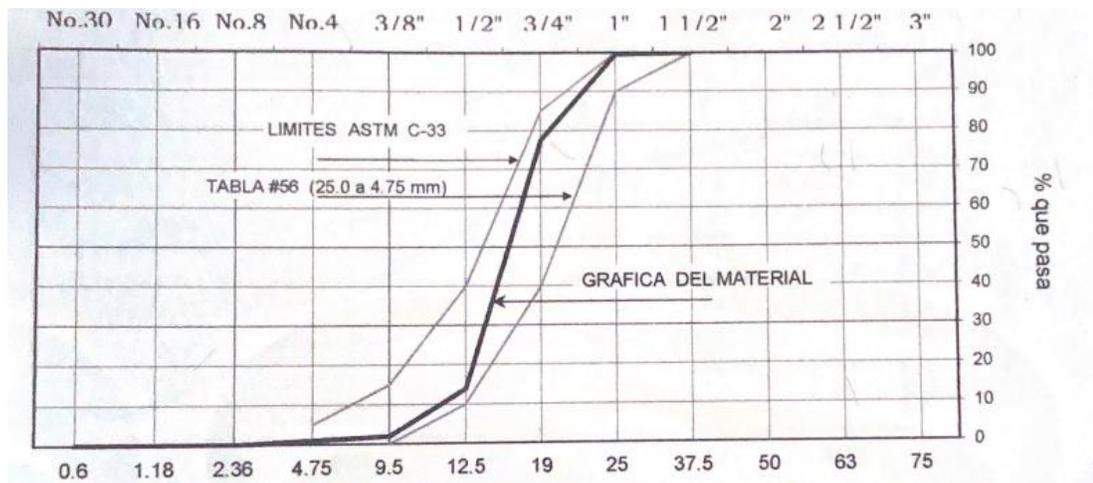
A continuación, se encuentran los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio y su análisis basado en la teoría de la primera parte de este trabajo. Los resultados se muestran de la siguiente forma: en la tabla VIII se muestra el porcentaje en peso de partículas que pasan por cada tamiz. En la figura 4 se muestra la curva granulométrica.

Tabla VIII. **Granulometría de agregado grueso**

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
1 ½ pulgadas.	100 %
1 pulgadas.	99,60 %
¾ pulgadas.	77,50 %
½ pulgadas.	13,90 %
3/8 pulgadas.	1,90 %
No. 4 pulgadas.	0,90 %
No. 8 pulgadas.	0 %
No. 16 pulgadas.	0 %

Fuente: elaboración propia

Figura 8. **Curva granulométrica de agregado grueso**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla IX. **Características físicas del agregado grueso**

Densidad relativa (sss)	2,59
Densidad (sss) (kg/m^3)	2 580,00
Masa unitaria, suelta (kg/m^3)	1 260,00
Porcentaje de vacíos, suelto (%)	51,00
Porcentaje de absorción (%)	7,20
Pesa tamiz # 200 (%)	0,70
Módulo de finura	7,20

Fuente: elaboración propia

El agregado grueso obtenido de la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala cumple con las especificaciones estándar que da la norma COGUANOR NTG 41007, por lo tanto, pueden ser considerados para ser usados como agregado grueso para concreto.

3.2. Ensayos y resultados de la norma COGUANOR NTG 41088, propiedades químicas y mineralógicas

El análisis petrográfico se realizó por medio de un microscopio estereoscópico en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Los resultados se presentan a continuación, se inicia con el agregado fino y finaliza con el agregado grueso.

Las rocas se pueden clasificar por su contenido de sílice como se presenta a continuación: el basalto que contiene es alrededor de un 50 % de sílice, mientras que los magmas que originan rocas félsicas (granitos y sus equivalentes extrusivos, riolitas) contienen más del 70 % de sílice. Los tipos de roca intermedios, andesitas y dioritas, contienen alrededor del 60 % de sílice.

Como se puede observar en los resultados del agregado fino como del grueso se encuentran presentes estos tipos de rocas:

La andesita: es una roca de color gris medio, de grano fino y de origen volcánico. Su nombre procede de los Andes de América del Sur, donde numerosos volcanes están formados por este tipo de roca. Además de los volcanes de los Andes, muchas de las estructuras volcánicas que rodean el océano Pacífico son de composición andesítica.

Figura 9. **Andesita (agregado fino)**



Fuente: elaboración propia con microscopio estereoscópico en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La escoria: es una roca máfica roja u oscura caracterizada por una textura vesicular (llena de agujeros). En las barbacoas de gas, la roca de lava se utiliza para absorber y reirradiar el calor para garantizar la cocción uniforme.

Figura 10. **Escoria andesítica (agregado grueso)**



Fuente: elaboración propia con microscopio estereoscópico en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 11. **Escoria dacítica (agregado fino)**



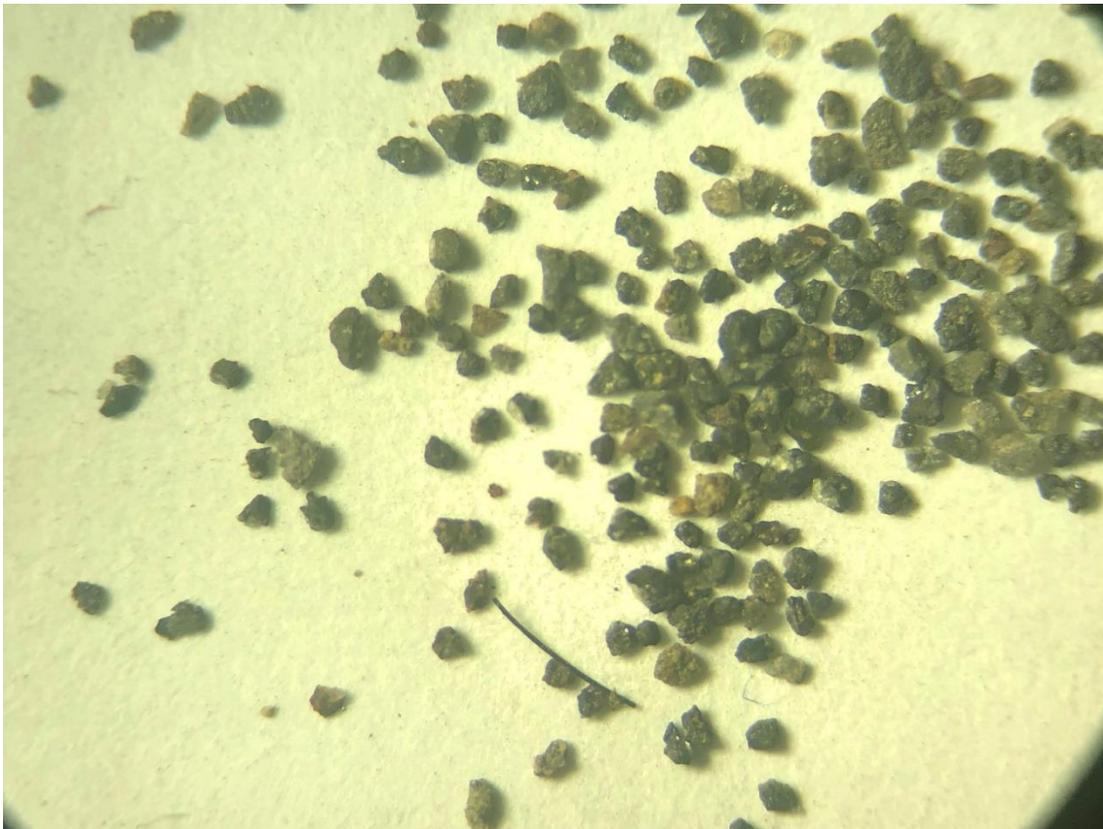
Fuente: elaboración propia con microscopio este estereoscópico en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Recibe el nombre de escoria dacítica debido a la cantidad de agujeros que posee y a su color rojo.

El basalto: es una roca volcánica de grano fino y de color verde oscuro a negro, compuesta fundamentalmente por una cantidad significativa de hierro y magnesio, debido a su gran cantidad de minerales básicos. El basalto contiene comúnmente fenocristales pequeños de colores claros. El basalto es la roca

ígneas extrusivas más comunes ya que constituyen la corteza oceánica, así como muchos volcanes, tanto en el océano como en los continentes.

Figura 12. **Basalto andesítico (agregado fino)**



Fuente: elaboración propia con microscopio estereoscópico en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El término basalto andesítico es utilizado para clasificar a una roca de composición básica a intermedia desde el punto de vista macroscópico.

3.2.1. Ensayo y resultado de la muestra de agregado grueso

Para la realización de este ensayo petrográfico se utilizó el material tamizado del ensayo de granulometría para cada número de tamiz, utilizando un mínimo de 150 partículas cuando se disponían de ellas. Luego se clasificó el tipo de partículas y minerales que contenía cada muestra con un microscopio estereoscópico, estas partículas se clasifican en los siguientes tipos: escoria andesítica, basalto andesítico, brecha andesítica. A continuación, se muestran los resultados de la clasificación de las partículas (tablas X y XI), con su representación gráfica (figura 9) de la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala.

Tabla X. **Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado grueso**

TIPO	NÚMERO DE PARTÍCULAS POR TAMIZ		
	Núm. 3/4	Núm. 1/2	Núm. 3/8
Escoria andesítica	5	8	42
Basalto andesítico	10	23	5
Brecha andesítica	0	0	1
Total	15	31	48

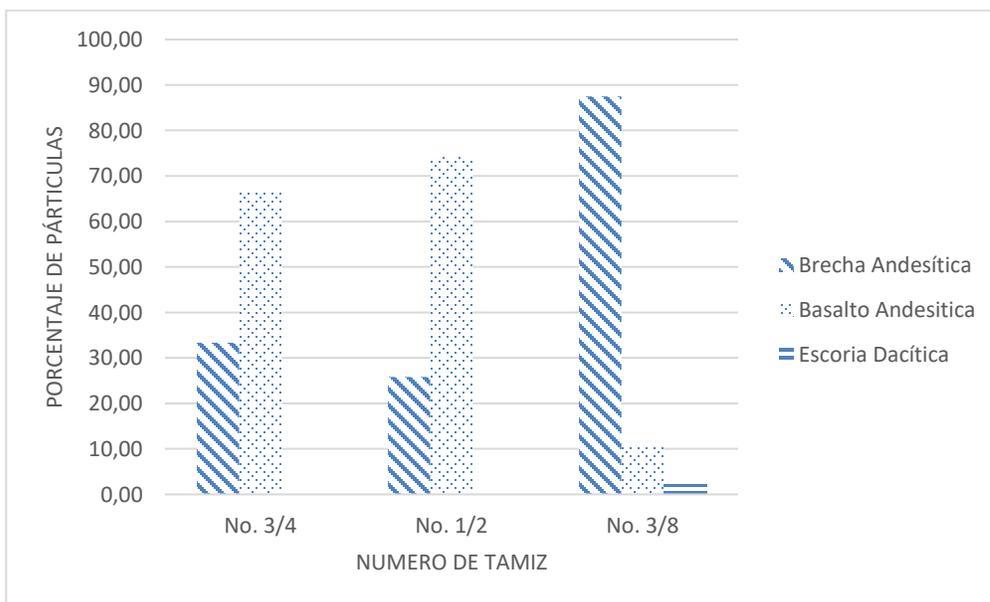
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Porcentaje de partículas que componen el agregado grueso**

TIPO	NÚMERO DE PARTÍCULAS POR TAMIZ		
	Núm. 3/4	Núm. 1/2	Núm. 3/8
Brecha andesítica	33,33	25,81	87,50
Basalto andesítico	66,67	74,19	10,42
Escoria dacítica	0,00	0,00	2,08
Total	100,00	100	100

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Distribución de los componentes del agregado grueso según el número de tamiz**



Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Ensayo y resultado de la muestra de agregado fino

Para la realización de este ensayo petrográfico se utilizó el material tamizado del ensayo de granulometría para cada número de tamiz, utilizando un mínimo de 150 partículas cuando se disponían de ellas. Luego se clasificó el tipo de partículas y minerales que contenía cada muestra con un microscopio estereoscópico, estas partículas se clasifican en los siguientes tipos: brecha andesítica, pómez, escoria dacítica, basalto andesítico, escoria volcánica, andesita, materia orgánica, vidrio volcánico, andesita vítrea, dacita.

A continuación, se muestran los resultados de la clasificación de las partículas (tablas XII y XIII), con su representación gráfica (figura 10) de la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera **antigua a Siquinalá**, finca Santa Elena, Guatemala.

Tabla XII. **Conteo de los tipos de partículas que componen el agregado fino**

TIPO	NÚMERO DE PARTÍCULAS POR TAMIZ					
	Núm. 4	Núm. 8	Núm. 16	Núm. 30	Núm. 50	Núm. 100
Brecha andesítica	11	27	12	0	0	0
Pómez	1	6		0	0	0
Escoria dacítica	11	22	21	24	20	0
Basalto andesítico	58	235	286	367	148	72
Escoria volcánica	4	0	0	0	0	8
Andesita	1	33	0	13	0	0
Materia orgánica	0	1	0	0	0	0
Vidrio volcánico	0	0	14	22	87	172
Andesita vítrea	0	0	23	8	0	0
Dacita	0	0	0	0	7	0
Total	86	324	356	434	262	252

Fuente: elaboración propia.

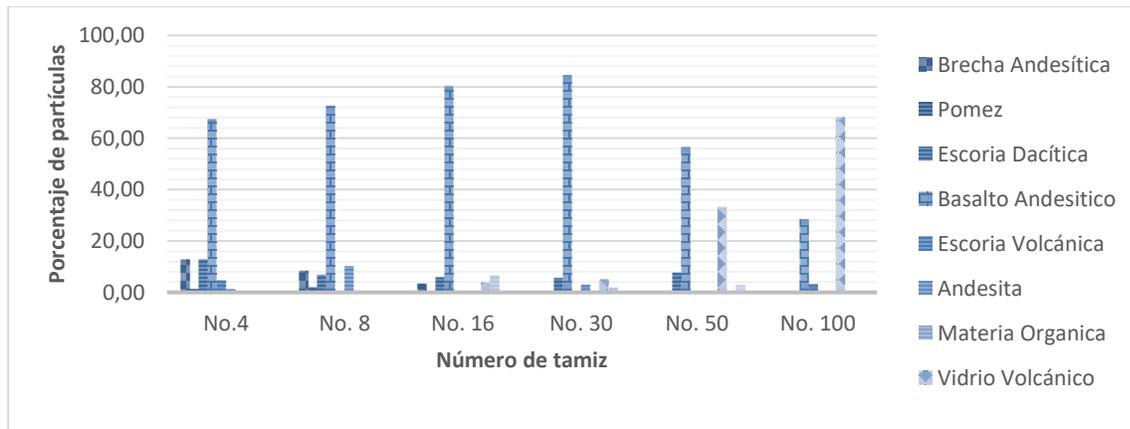
Tabla XIII. **Porcentaje de partículas que componen cada tamiz del agregado fino**

TIPO	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS POR TAMIZ					
	Núm.4	Núm. 8	Núm. 16	Núm. 30	Núm. 50	Núm. 100
Brecha andesítica	12,79	8,33	3,37	0,00	0,00	0,00
Pómez	1,16	1,85	0,00	0,00	0,00	0,00
Escoria dacítica	12,79	6,79	5,90	5,53	7,63	0,00
Basalto andesítico	67,44	72,53	80,34	84,56	56,49	28,57
Escoria volcánica	4,65	0,00	0,00	0,00	0,00	3,17
Andesita	1,16	10,19	0,00	3,00	0,00	0,00
Materia orgánica	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
Vidrio volcánico	0,00	0,00	3,93	5,07	33,21	68,25
Andesita vítrea	0,00	0,00	6,46	1,84	0,00	0,00
Dacita	0,00	0,00	0,00	0,00	2,67	0,00
Total	100,00	100	100	100	100	100

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en las tablas XII y XIII, indican que la muestra se compone principalmente por basalto andesítico.

Figura 14. **Distribución de los componentes del agregado fino según el número de tamiz**



Fuente: elaboración propia.

Según lo observado, las rocas que predominan son las de origen volcánico conocidas como ígneas extrusivas ya que se encuentran en la superficie.

3.3. **Ensayo y resultados de la norma COGUANOR NTG 41010 h13, reactividad potencial**

El ensayo de reactividad potencial se le aplicó a la muestra de la trituradora, en la trituradora ubicada en el Km 64, de la carretera **antigua a Siquinalá**, Finca Santa Elena, Guatemala el agregado fino tiene ciertas propiedades químicas las cuales dieron como resultado en el ensayo de reactividad potencial, la muestra fue considerada potencialmente deletérea.

Sin embargo, la norma aclara que la información obtenida por dicho ensayo no es completamente confiable en todos los casos por lo cual sugiere su complementación con otros métodos (ASTM C-277 y/o ASTM C-1260).

3.4. Ensayo y resultado de la norma COGUANOR NTG 41010 h20

Se tomó una cantidad representativa del material y se tamizó, según los porcentajes que han sido retenidos en cada tamiz, se clasificó el tipo de graduación como "B", según la norma NTG 41010 h20, utilizando la máquina de los Ángeles se realizó el respectivo ensayo de desgaste el cual dio un 44 % de desgaste.

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados en cada uno de los laboratorios serán comparados e interpretados con los requisitos que exige la Normativa Técnica Guatemalteca (NTG): Norma NTG 41007 (ASTM C-33), Norma NTG 41088 (ASTM C-295), Norma NTG 41010 h13 (ASTM C-289) y Norma NTG 41010 h20 (ASTM C-131) para agregados utilizados para la elaboración de concreto y con estos resultados determinar si el material cumple con las exigencias que dan las normas para fabricar concreto.

4.1. Análisis e interpretación de resultados de la norma COGUANOR NTG 41007

- Agregado fino

Según los resultados que aparecen en las tablas VI y VII y las especificaciones de la normativa COGUANOR NTG 41007 se puede decir que:

- El contenido de materia orgánica según la clasificación colorimétrica fue de 2, por lo tanto, cumple con el máximo permisible que es 3.
- El módulo de finura es de 2,85, según la normativa debe encontrarse entre 2,3 y 3,1. Por lo tanto, cumple porque el valor está dentro del rango
- El porcentaje que pasó por el tamiz 200 fue 0.40 %. El límite cuando se trata de arena es hasta 7 %, por lo tanto, **si** cumple.

- Como se puede observar en la figura 3, la granulometría se encuentra entre los límites con excepción del tamiz núm. 4. Por lo tanto, la granulometría en general está dentro de las especificaciones.
- Agregado grueso

Según los resultados que se encuentran en las tablas VIII y IX y los límites que establece la norma COGUANOR NTG 41007 se puede decir que:

- Se puede observar en la figura 4, que la granulometría se encuentra dentro de los límites. Por lo tanto, si cumple con las especificaciones establecidas en la norma anteriormente mencionada.
- Las propiedades físicas mostradas en la tabla IX son propias del material, lo cual nos indica que es un material muy poroso debido a su alto porcentaje de vacío (51 %) suelto.

4.2. Análisis e interpretación de resultados de la norma COGUANOR NTG 41088

Según lo observado en las tablas XI y XIII, tanto para agregado fino como grueso. Predomina el basalto andesítico, esto quiere decir que contiene un gran contenido de feldespato plagioclasa con una cantidad mínima de silicatos ferromagnésicos, estos son los principales componentes de la andesita. Esto indica que, en su composición mineralógica, y tomando en consideración los ensayos químicos, no son un agregado el cual pueda presentar una composición dañina para la elaboración de concreto.

4.3. Análisis e interpretación de resultados de la norma COGUANOR NTG 41010 h13

Según los resultados obtenidos se encuentra gran presencia de minerales silicios los cuales producirán una reacción dañina con los álcalis del cemento Portland. Según la norma NTG 41010 h13 los resultados de los ensayos pueden ser considerados satisfactorios si los valores de (RC y de SC) difiere por más de los siguientes valores (1) Cuando el resultado es de 100 mmol o menor, en 12 mmol/L y (2) el resultado en mayor de 100 mmol/L, en 12 %

Tabla XIV. **Determinación de la reactividad potencial de agregado fino según la norma NTG 41010 h13**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	Reducción alcalina RC (mmol/L)	Sílice Disuelta SC (mmol/L)	Resultado
Agregado Fino	316,7 ± 22,03	303,3 ± 32,15	Agregado considerado potencialmente deletéreo

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la normativa anteriormente, los resultados en la tabla XIV cumple con uno de los parámetros indicados ya que el promedio es mayor de 100 mmol/L, en 12 % sin embargo no cumple con el otro parámetro. Esto indica que el agregado fino no es completamente satisfactorio debido a que puede ser potencialmente dañino como se observa en la Figura 19. Sin embargo, el agregado no se debe descartar sin antes contar con información adicional, debido a que muchos agregados de origen volcánico pueden tener altas concentraciones de sílice y no presentar reactividad alcalisílice.

4.4. Análisis e interpretación de resultados de la norma COGUANOR NTG 41010 h20

La norma NTG 41007 indica que el máximo desgaste admisible para agregado grueso para concreto debe de ser de 50 % como máximo admisible, el resultado obtenido en el laboratorio es de 44 % de desgaste, por lo tanto, si cumple e indica que es un agregado grueso con dureza apta para ser utilizado en un concreto estructural.

CONCLUSIONES

1. Según los resultados obtenidos del ensayo petrográfico, se encontró que tanto el agregado fino como el grueso se compone principalmente de una combinación entre basalto y andesita (basalto andesítico) y una combinación entre escoria volcánica y dacita (escoria dacítica).
2. Con el análisis de los resultados de las propiedades físicas y a la caracterización del banco se determina que tanto el agregado fino como el grueso cumple con las especificaciones de la normativa guatemalteca NTG 41007, por lo tanto, es el indicado para su uso en el concreto estructural.
3. El agregado grueso al ser sometido al ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles según la norma 41010 h20 se determinó que cumple con dichos límites, por lo tanto, el agregado grueso puede ser utilizado para la elaboración de concreto.
4. La alta concentración de sílice disuelto demuestra que es un agregado potencialmente dañino, sin embargo, no se debe descartar debido a que muchos agregados de origen volcánico pueden tener altas concentraciones de sílice y no presentar reactividad álcali-sílice

RECOMENDACIONES

1. El análisis químico realizado basado en la norma NTG 41010 h13 da un resultado superficial por lo cual no se debe descartar sin antes corroborar la información obtenida con otros ensayos como el descrito en la norma NTG 41003 h7 (ASTM C-227).
2. Identificar y ubicar fuentes alternas de agregados y realizar exámenes de calidad correspondientes antes de su explotación.
3. Dar a conocer a los usuarios la calidad de los agregados, en la región estudiada en el departamento de Escuintla con el fin de que se le pueda dar un uso adecuado en el ámbito de la construcción.

BIBLIOGRAFÍA

1. COGUANOR NTG - 41007. *Agregados para el concreto, especificaciones*. Guatemala: Norma Técnica Guatemalteca. 24 p.
2. COGUANOR NTG – 41088. *Guía para la evaluación petrográfica de los agregados para el concreto*. Guatemala: Norma Técnica Guatemalteca. 2016. 26 p.
3. COGUANOR NTG – 41010 h20. *Método de ensayo. Determinación de la resistencia al desgaste, del agregado grueso de tamaño hasta de 37.5 mm (1 1/2 pulg), por abrasión e impacto en la Máquina de Los Angeles*. Guatemala: Norma Técnica Guatemalteca. 2014. 12 p.
4. COGUANOR NTG – 41010 h13 *Método de ensayo. Determinación de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados. Método químico*. Guatemala: Norma Técnica Guatemalteca. 2012. 18 p.
5. MENDOZA CAMEY, Víctor Gabriel Rolando. *Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en el departamento de Totonicapán*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 114p.
6. LUNA AROCHE, J.R. y SALGUERO R.A. Estudio de la calidad de agregados para concreto (en Guatemala), aplicando las normas ASTM C-33, C-131, C-295 y C-289. *Boletín geológico minero*,

volumen 117, octubre-diciembre 2006. Número 4 del Instituto Geológico y Minero de España.

7. ROMÁN, Luís. *Examen petrográfico y análisis mineralógico de los bancos de materiales de la ciudad de Chimaltenango*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2003. 69 p.

8. SANTIZO, Augusto. *Análisis de calidad de los agregados para concreto utilizado en ciudades en crecimiento de la república de Guatemala*. Tesis Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2013 127 p.

ANEXOS

Anexo 1 Informe de ensayos de agregado fino de la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41007 (ASTM C-33)



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

No. **18296**

ANÁLISIS COMPLETO DE AGREGADO FINO PARA CONCRETO
NORMA NTG 41007 h1 (ASTM C-33)
INFORME SACM - 049/2021
HOJA 1/1

O.T. No. 40760

INTERESADO: Diego Antonio Soto Castañeda, carné 201603231

PROYECTO: Trabajo de graduación titulado: "Evaluación de calidad de agregados para concreto, en la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera Antigua Guatemala Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala".

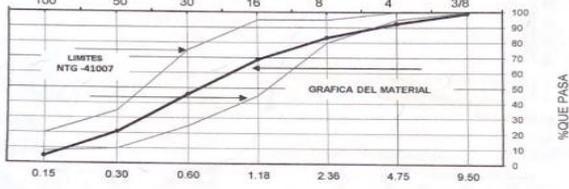
DIRECCIÓN: Ciudad universitaria zona 12.

RECEPCIÓN DE MUESTRA: 26 de abril de 2021

EMISIÓN DE INFORME: 4 de mayo de 2021

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

Densidad Relativa (sss)	2.71	Porcentaje de Absorción (%)	0.50
Densidad (sss) (kg/m ³)	2.700.00	Contenido de Materia Orgánica	2
Masa Unitaria, Compactada (kg/m ³)	1680.00	Pasa Tamiz # 200 (%)	0.40
Masa Unitaria, Suelta (kg/m ³)	1610.00	Retenido Tamiz 6.35 (%)	5.70
Porcentaje de Vacíos, Compactado (%)	38.00	Modulo de Finura	2.85
Porcentaje de Vacíos, Suelto (%)	41.00		



Tamiz No.	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15
% Que pasa	99.10	92.60	83.30	68.90	45.90	21.00	4.70

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado, arena triturada.

b) Tamiz #200, procedimiento A, lavado con agua potable.

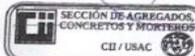
c) Contenido de materia orgánica máximo permisible No. 3.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Dilma Yanel Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros

Inga. Teima Marcela Cano Morales
Directora CI/USAC

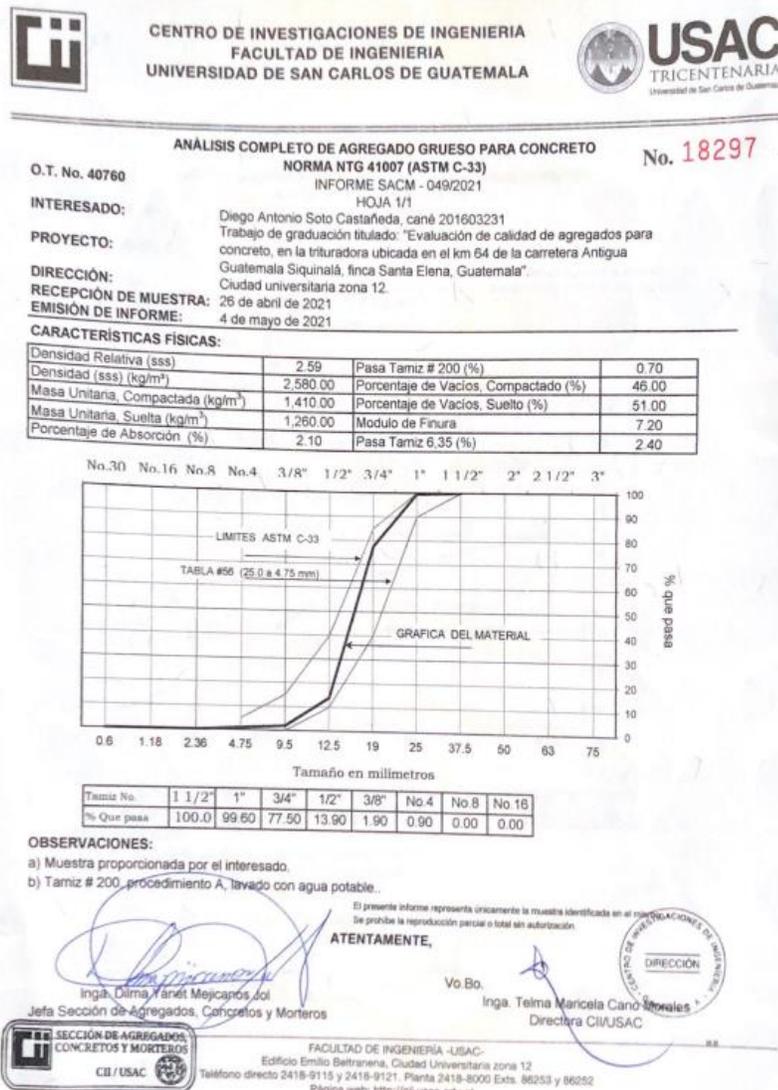


SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CI/USAC

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltrán, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 2 Informe de ensayos de agregado grueso de la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41007 (ASTM C-33)



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 3 Informe de ensayos de agregado grueso de la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41010 h20 (ASTM C-131)



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



**USAC
TRICENTENARIA**
Universidad de San Carlos de Guatemala

No. 18298

INFORME DE ENSAYO DE ABRASIÓN POR MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

O.T. No. 40760

INTERESADO:

PROYECTO:

DIRECCIÓN:

RECEPCIÓN DE MUESTRA:

EMISIÓN DE INFORME:

NORMA NTG 41010 h 20 (ASTM C-131)
INFORME SACM - 050/2021
HOJA 1/1

Diego Antonio Soto Castañeda, carné 201603231

Trabajo de graduación titulado: "Evaluación de calidad de agregados para concreto, en la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera Antigua Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala".

Ciudad universitaria zona 12.

26 de abril de 2021

4 de mayo de 2021

REFERENCIAS	MUESTRA
1. Graduación	" B "
2. Porcentaje de desgaste	44.00%

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado.

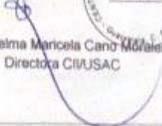
b) La resistencia a la abrasión del agregado grueso para concreto, debe tener un porcentaje de desgaste máximo admisible de 50%, según norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33).

El presente informe únicamente es para la muestra identificada en el mismo.
Se prohíbe la reproducción parcial o total sin autorización.

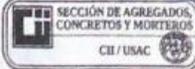
ATENAMENTE,



Inga Dilma Yañet Mejicanos Jof
Jefa Sección de Agregados, Concretos y Morteros



Vo Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



SECCIÓN DE AGREGADOS,
CONCRETOS Y MORTEROS
CII / USAC

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltrán, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 4 Informe de los ensayos de agregados, de la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41010 h13 (ASTM C-289)



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



O.T. No. 40799
Informe QUINDLAFIQ
RG-358-010-21

Interesado: Diego Soto
 Proyecto: Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en la Trituradora ubicada en el Km 64, de la Carretera Antigua Siquinalá, Finca Santa Elena Guatemala.
 Muestra: Agregado fino
 Fecha recepción: 31 de mayo de 2021
 Fecha de Informe: 1 de junio de 2021

Determinación de la Reactividad Potencial de agregados según norma ASTM C-289-07

IDENTIFICACIÓN LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DEL INTERESADO	Reducción Alcalina RC (mmol/L)	Silice Disuelta SC (mmol/L)	RESULTADO
RG-360-004-21-F	Agregado Fino	316,7 ± 22,03	303,3 ± 32,15	Agregado considerado potencialmente deletéreo

Muestra proporcionada por el interesado

Grafica Adjunta:
 Observaciones:
**** Se recomienda efectuar análisis con las Normas ASTM C-277 y/o ASTM C-1260**

Sin otro particular,

Atentamente,

MSc. Licda. Ingrid Lorena Benitez Pacheco
Coordinadora LAFIQ-QI

Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra
Jefe de Sección Química Industrial CII

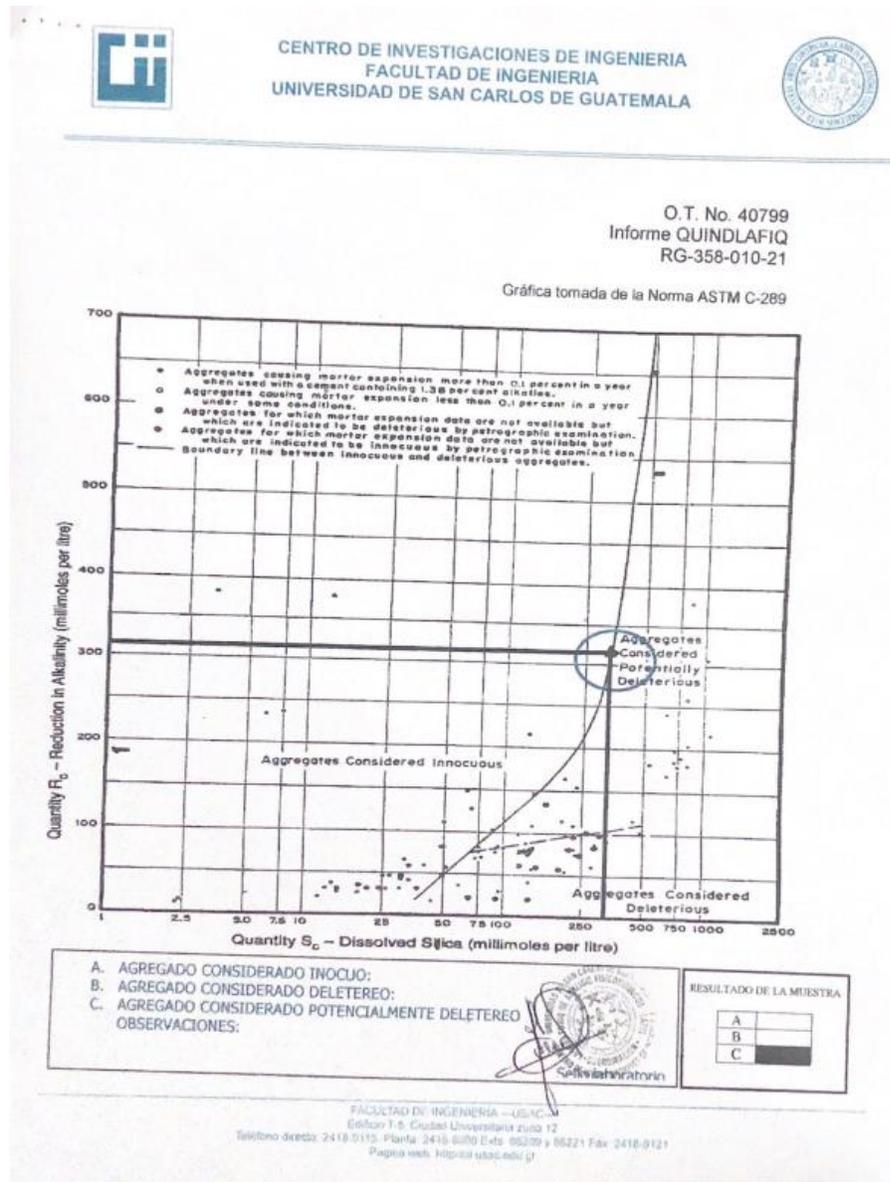
VoBo. Inga Tetma Maricela Carrero Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA - USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria Zona 12
Teléfono oficina: 2418-0115, Planta: 2415-8800 Ext. 88200 y 88221 Fax: 2418-0121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 5 Resultado grafico los ensayos de agregados, de la trituradora ubicada en el km 64 de la carretera antigua a Siquinalá, finca Santa Elena, Guatemala, según los requerimientos de la norma NTG 41010 h13 (ASTM C-289)



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

