



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

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE POR ATAQUE DE SULFATOS
EN AGREGADOS DE TIPO CANTO RODADO PROVENIENTE DEL RÍO SAMALÁ, RETALHULEU
Y EL RÍO LOS ESCLAVOS, SANTA ROSA Y CALIZA TRITURADA DE LA ZONA 6**

Anna Lucía Acevedo Castañeda

Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, octubre de 2013.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE POR ATAQUE DE SULFATOS
EN AGREGADOS DE TIPO CANTO RODADO PROVENIENTE DEL RÍO SAMALÁ, RETALHULEU
Y EL RÍO LOS ESCLAVOS, SANTA ROSA Y CALIZA TRITURADA DE LA ZONA 6**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANNA LUCÍA ACEVEDO CASTAÑEDA

ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Claudio César Castañón Contreras
EXAMINADOR	Ing. Walter Antonio Salazar González
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:

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE POR ATAQUE DE SULFATOS EN AGREGADOS DE TIPO CANTO RODADO PROVENIENTE DEL RÍO SAMALÁ, RETALHULEU Y EL RÍO LOS ESCLAVOS, SANTA ROSA Y CALIZA TRITURADA DE LA ZONA 6

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha noviembre de 2012.


Anna Lucía Acevedo Castañeda



Guatemala, 24 de septiembre de 2013

Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Área de Materiales y Construcciones Civiles
COORDINADOR

Ingeniero Melini

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE POR ATAQUE DE SULFATOS EN AGREGADOS DE TIPO CANTO RODADO PROVENIENTE DEL RÍO SAMALÁ, RETALHULEU Y EL RÍO LOS ESCLAVOS, SANTA ROSA Y CALIZA TRITURADA DE LA ZONA 6**, elaborado con la estudiante universitaria Anna Lucía Acevedo Castañeda, quien contó con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por la estudiante universitaria Acevedo Castañeda, satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"

Inga. Civil Dilma Yanet Mejicanos Jol

Col. 5947

ASESORA

Dilma Y. Mejicanos Jol
Ingeniera CMI
Col. 5947



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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



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

Guatemala,
14 de octubre de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE POR ATAQUE DE SULFATOS EN AGREGADOS DE TIPO CANTO RODADO PROVENIENTE DEL RÍO SAMALÁ, RETALHULEU Y EL RÍO LOS ESCLAVOS, SANTA ROSA Y CALIZA TRITURADA DE LA ZONA 6**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Anna Lucía Acevedo Castañeda, quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

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 ENSEÑADA TODOS

Guillermo Melini

Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación de la estudiante Anna Lucía Acevedo Castañeda, titulado **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE POR ATAQUE DE SULFATOS EN ÁGREGADOS DE TIPO CANTO RODADO PROVENIENTE DEL RÍO SAMALÁ, RETALHULEU Y EL RÍO LOS ESCLAVOS, SANTA ROSA Y CALIZA TRITURADA DE LA ZONA 6**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2013.

~~Ma~~ **deb** 34 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE DESGASTE POR ATAQUE DE SULFATOS EN AGREGADOS DE TIPO CANTO RODADO PROVENIENTE DEL RÍO SAMALÁ, RETALHULEU Y EL RÍO LOS ESCLAVOS, SANTA ROSA Y CALIZA TRITURADA DE LA ZONA 6**, presentado por la estudiante universitaria **Anna Lucía Acevedo Castañeda**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 23 de octubre de 2013

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser guía y mi todo en cada momento de la vida.
Mis padres	Enrique Acevedo y Yanet Castañeda de Acevedo, con cariño y respeto por enseñarme el camino del bien, su apoyo incondicional e incentivar la superación en todo ámbito.
Mis hermanos	Luis Enrique y Lisza María Acevedo Castañeda, por motivarme y ser ejemplo de perseverancia y superación.
Mi abuela	Aracely Rojas vda. de Castañeda, por sus consejos y cariño especial.
Tíos y primos	Por su amistad, apoyo y consejo.
Mis amigos	Por compartir su amistad y consejo en el transcurso de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por sus bendiciones.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por el conocimiento compartido.
Mi asesora	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol, por su apoyo para la elaboración del presente trabajo de graduación, ejemplo de compromiso y dedicación.
CII/USAC	Por concederme la oportunidad de realizar los ensayos pertinentes.
Personal del CII/USAC	Eduardo Machuca, Iván Cano, Elder Ramos y César Vásquez por su ayuda y grata compañía.
CESEM	Por su colaboración.
Ing. José Gabriel Ordoñez	Por su apoyo y ayuda brindada.
Beatriz Baños	Por su cariño especial.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Agregados.....	1
1.2. Localización de áridos.....	1
1.2.1. Yacimientos.....	1
1.2.1.1. Generalidades del canto rodado.....	2
1.2.2. Canteras.....	2
1.2.2.1. Principales rocas para la trituración.....	2
1.2.2.2. Mineralogía de la caliza.....	3
1.2.2.3. Metodología y equipo de trituración.....	4
1.3. Descripción de los sulfatos.....	5
1.4. Ataque de sulfatos y cristalización de sales en el concreto.....	5
1.5. Zonas de mayor exposición del concreto a los sulfatos.....	6
1.6. Influencia de la durabilidad del concreto ante el ataque de sulfatos.....	7
1.7. Efectos sobre el refuerzo del concreto armado por el ataque de sulfatos.....	8
1.8. Normas relacionadas con la caracterización de agregados.....	9
1.8.1. Agregado grueso.....	9

1.8.1.1.	Ensayo de granulometría para agregado grueso según Norma COGUANOR NTG h1 (ASTM C-136) ..	11
1.8.1.2.	Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75µm (No. 200) en agregados minerales COGUANOR NTG h3 (ASTM C-117) ..	12
1.8.1.3.	Absorción de agua y peso específico...	12
1.8.1.4.	Peso unitario.....	13
1.8.1.5.	Estabilidad a la disgregación de los agregados mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio COGUANOR NTG h6 (ASTM C-88).....	13
1.8.1.6.	Métodos de cuarteo COGUANOR NTG h11 (ASTM C-702)	14
2.	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS	17
2.1.	Localización del río Samalá, Retalhuleu.....	18
2.2.	Descripción	19
2.3.	Localización, río Los Esclavos, Santa Rosa	21
2.4.	Descripción	22
2.5.	Localización zona 6, Guatemala	24
3.	ENSAYOS DE LABORATORIO	27
3.1.	Tabulación y análisis de resultados	27
3.1.1.	Resultados de ensayos para Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33)	27

3.1.1.1.	Muestra de agregado grueso, río Samalá, Retalhuleu	28
3.1.1.2.	Muestra de agregado grueso, río Los Esclavos, Santa Rosa	32
3.1.1.3.	Muestra de agregado grueso, zona 6, Guatemala.....	36
4.	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS	43
4.1.	Resultados de caracterización de agregado grueso	43
	CONCLUSIONES	49
	RECOMENDACIONES	51
	BIBLIOGRAFÍA.....	53
	APÉNDICE	55
	ANEXOS	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Fotografía satelital del río Samalá, Retalhuleu	18
2.	Formación geológica, río Samalá	20
3.	Foto satelital del río Los Esclavos	21
4.	Formación geológica río Los Esclavos, Santa Rosa.....	23
5.	Foto satelital de la planta trituradora, AGRECA de la zona 6	24
6.	Formación geológica, zona 6	25
7.	Granulometría COGUANOR NTG 41010 h1 (ASTM C-136) de agregado grueso	29
8.	Granulometría COGUANOR NTG 41010 h1 (ASTM C-136) de agregado grueso	33
9.	Granulometría COGUANOR NTG 41010 h1 (ASTM C-136) de agregado grueso	37
10.	Resultados del peso específico, agregado grueso	44
11.	Resultados peso unitario compactado, agregado grueso	45
12.	Resultados peso unitario suelto, agregado grueso.....	45
13.	Resultados de porcentaje de vacíos, agregado grueso	46
14.	Resultados de porcentaje de absorción, agregado grueso	46
15.	Resultado porcentaje que pasa tamiz No. 200	47
16.	Resultado porcentaje de desgaste por ensayo de estabilidad	47
17.	Comparación del porcentaje de desgaste provocado por el ataque de sulfatos respecto al agregado de procedencia artificial.....	48

TABLAS

I.	Requerimiento de clasificación para agregado grueso.....	10
II.	Granulometría de agregado grueso	28
III.	Resultados físicos según Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTMA C-33) para agregado grueso.....	29
IV.	Granulometría de agregado grueso	32
V.	Resultados físicos según Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTMA C-33) para agregado grueso.....	33
VI.	Granulometría de agregado grueso	36
VII.	Resultados físicos según Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTMA C-33) para agregado grueso.....	37
VIII.	Resultados de la muestra de agregado grueso para banco del río Samalá, Retalhuleu.....	40
IX.	Porcentaje de desgaste del agregado grueso río Los Esclavos, Santa Rosa.....	41
X.	Resultados de la muestra de agregado grueso para banco del	41
XI.	Porcentaje de desgaste del agregado grueso	41
XII.	Resultados de la muestra de agregado grueso para banco de la zona 6	42
XIII.	Porcentaje de desgaste del agregado grueso	42
XIV.	Resultados de caracterización	43
XV.	Comparación de resultados	44

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AB1	Agregado Banco 1
AB2	Agregado Banco 2
AB3	Agregado Banco 3
cm	Centímetro
g	Gramo
kg	Kilogramo
l	Litro
m	Metro
mm	Milímetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
ppm	Parte por millón

GLOSARIO

Aluvión	Depósito de material sedimentario, dejado por las corrientes de agua de ríos que aparecen cuando la crecida y velocidad de las aguas disminuyen su capacidad de transporte, constituido por elementos gruesos y finos como cantos rodados, arena, limo, entre otros.
Andesita	Roca volcánica de composición media formada por fenocristales de plagioclasa y otros minerales ferromagnésicos como piroxeno, biotita y hornblenda.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
Caliza	Roca sedimentaria compuesta por minerales de carbonato, principalmente por carbonatos de calcio y magnesio, puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo.
Canto rodado	Roca de forma redondeada que proviene del cauce de los ríos.
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Coordenadas UTM	Sistema de coordenadas basadas en la proyección cartográfica transversal de Mercator, tangentes a un meridiano, estas son expresadas en metros sobre el nivel del mar.
Cuenca	Territorio drenado por un único sistema de drenaje natural. Drena sus aguas al mar a través de un único río o vierte sus aguas a un único lago endorreico.
Granodiorita	Roca ígnea plutónica, similar al granito, constituida por cuarzo, feldespatos y minerales secundarios como la biotita, anfíbol y piroxeno.
Lixiviación	Proceso mediante el cual un líquido, al penetrar a través de un material, disuelve, extrae las sustancias solubles que dicho material posee, incrementa la porosidad y afecta las propiedades que dependen de ella.
Porfirítica	Estructura de rocas volcánicas originarias del magma volcánico de enfriamiento lento, que genera cristales grandes y posteriormente se enfría con rapidez, creando una matriz fina-granular.
Roca ígnea	Roca constituida de material fundido (magma), que se ha enfriado y solidificado, de estructura cristalina, que dependiendo de la composición del magma y proceso de cristalización (rápido o lento), se originan

diferentes rocas que se diferencian por la textura, tamaño, forma y distribución de los minerales que la conforman.

Roca metamórfica

Rocas que se forman a partir de otras, mediante un proceso llamado metamorfismo, éste sucede indistintamente en rocas ígneas, sedimentarias o a las mismas rocas metamórficas cuando están sometidas a altas presiones y temperaturas o a un fluido activo que provoca cambios en la composición de la roca.

Roca sedimentaria

Roca formada como resultado de la sedimentación de productos de meteorización y descomposición de diferentes rocas, la precipitación química y mecánica del agua y la actividad biológica de las plantas.

Seco al horno

Conforme a las partículas del agregado, es la condición en la que estos han sido secados por calentamiento a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ en un horno, por tiempo suficiente, según especificaciones técnicas para alcanzar una masa constante.

Tamiz

Malla metálica constituida por barras tejidas con aberturas nominales en las que se deja pasar el suelo

RESUMEN

La estructura interna del concreto u hormigón, depende de aspectos fundamentales como la dosificación, uso de materiales adecuados bajo el estricto control de calidad, colocación y curado óptimo, por lo que la evaluación de las características físicas y propiedades mecánicas de los agregados, ya sean estos naturales o artificiales, permiten establecer un indicativo de predicción del desempeño de las mezclas en términos de resistencia a la degradación e intemperismo.

Considerando a los sulfatos como agentes químicos agresivos y cómo estos pueden atacar al concreto, reaccionar con los compuestos hidratados, crear presiones suficientes para romper la pasta de cemento y provocar la desintegración del concreto, se recolectó material pétreo (triturado y canto rodado) e indujo a condiciones de degradación.

El desarrollo experimental se realizó de acuerdo a procedimientos y especificaciones establecidos por Normas COGUANOR y ASTM aplicables con la colaboración del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al realizar los ensayos respectivos a las muestras de agregado, se encontró que estos responden mejor ante la presencia de sustancias agresivas debido a su composición mineralógica y no a sus características físicas o procedencia.

OBJETIVOS

General

Analizar comparativamente el porcentaje de desgaste por ataque de sulfatos en agregado pétreo de tipo canto rodado de dos ríos diferentes y triturado proveniente de cantera.

Específicos

1. Determinar el comportamiento de la resistencia química por medio del ataque de sulfatos, de acuerdo a la composición mineralógica de los agregados.
2. Determinar las características físicas y mecánicas de los agregados según su origen y composición mineralógica.
3. Determinar las condiciones de canto rodado y de trituración para obtener resultados comparativos de ataque de sulfatos versus su origen mineralógico.
4. Establecer la porosidad del material para determinar el porcentaje de penetración de sulfatos y el porcentaje de degradación.

INTRODUCCIÓN

El concreto estructural es constituido por materiales apropiadamente proporcionados con una expectativa de vida adecuada, para otorgar así seguridad y calidad a las estructuras. Dado que la estructura interna del concreto depende de ciertas condiciones físicas y mecánicas de sus constituyentes, la evaluación del comportamiento o la respuesta del concreto armado ante la presencia de agentes agresivos, en este caso del sulfato de sodio, debe considerarse para tener una idea clara de las acciones a emplear para poder prever daños a la estructura, y con ello cumplir con la durabilidad para la que fue diseñada.

En Guatemala, esta condición no recibe la importancia necesaria, por lo que analizar el comportamiento de los agregados podría establecer un indicativo de predicción de diseño de mezcla, en términos de resistencia a la degradación e intemperismo.

Para efectuar el análisis de tal condición, se aplicaron las normas nacionales COGUANOR NTG-41007, 41010 h1, h2, h3, h8, h11 y las normas internacionales: ASTM C-33, ASTM C-136, ASTM C-29, ASTM C-88, ASTM C-117, ASTM C-121, ASTM C-295, ASTM C 702, respectivamente, que establecen la calidad del agregado respecto a sus propiedades físicas, mecánicas y petrográficas.

Los ensayos se realizaron en las Sección de Agregados, Concretos y Morteros del Centro de Investigaciones de Ingeniería y el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La descripción teórica de los procedimientos a seguir de las normas relacionadas y temas afines, se desarrolla en el primer capítulo, seguido de la localización y descripción de los bancos en estudio que finaliza con el análisis, interpretación y comparación de resultados de los análisis respectivos en los capítulos consecuentes.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Agregados

El Instituto Americano del Concreto (ACI), define al agregado como material granular, tales como arena, grava, piedra triturada, concreto triturado de cemento hidráulico o escoria de hierro de alto horno, usado como medio de cemento hidráulico para producir concreto o mortero.

1.2. Localización de áridos

Desde el punto de vista constructivo, es necesario clasificar los materiales empleados como áridos, por directos e indirectos respectivamente, dependiendo si estos se utilizan directamente como se encuentran en la naturaleza y requieren únicamente del proceso de extracción y clasificación (yacimientos) o si necesitan algún proceso adicional de machaqueo (trituración) o elaboración por no ser utilizables del modo en que se extraen (canteras).

1.2.1. Yacimientos

Los yacimientos naturales de áridos, se presentan en los depósitos de gravas y arenas en cualquier tamaño, estos materiales están prácticamente sueltos, por lo que su obtención resulta más económica que aquellos provenientes de canteras, pues se ahorra el proceso de trituración.

El material de yacimientos puede proceder de los depósitos fluviales, glaciales, eólicos o marinos y regularmente por efecto del transporte y depósito del mismo, suelen encontrarse con granulometrías definidas y más uniformes, esto de manera proporcional a la lejanía de su punto de origen.

1.2.1.1. Generalidades del canto rodado

El canto rodado es constituido por rocas de forma redondeadas y lisas, pues los materiales que lo componen proceden de la erosión provocada por el cauce de ríos que disminuyen parcial o totalmente su cauce y los depositan en forma suelta o compacta por razón de su propio peso.

Por la naturaleza de su formación, las rocas son de composición heterogénea y refleja la variedad litográfica de la cuenca fluvial de la cual procede.

1.2.2. Canteras

Una cantera es una explotación minera en la que generalmente se obtienen rocas industriales, ornamentos o áridos, esta presenta una vida útil y en algunas ocasiones presenta problemas de carácter ambiental relacionados con la destrucción del paisaje tras abandonar la actividad, una vez agotada la cantera.

1.2.2.1. Principales rocas para la trituración

Entre las principales rocas utilizadas para el proceso de trituración, clasificadas de acuerdo al origen y naturaleza de su formación, se encuentran: las siguientes

- Ígneas o magmáticas (intrusivas o extrusivas): ejemplo, riolitas, andesitas, basaltos y grabo.
- Sedimentarias: ejemplo, calizas, dolomitas, yeso, lignito y creto.
- Metamórficas: ejemplo, gneis, esquistos, pizarras y mármol.

1.2.2.2. Mineralogía de la caliza

La caliza es una roca de tipo calcárea estratificada compuesta principalmente de calcita. La metamorfosis geológica genera vastos yacimientos de caliza, cristales incoloros de calcita o mármol, que a pesar de diferir en apariencia constituyen carbonatos de calcio (CaCO_3).

El carbonato cálcico, principalmente en forma de calcita y el carbonato magnésico en forma de dolomita, son constituyentes principales de las rocas sedimentarias carbonatadas, llamadas respectivamente calizas y dolomitas. Estas rocas son extraordinariamente abundantes en las series sedimentarias y constituyen un porcentaje muy considerable de todos los sedimentos existentes en la superficie terrestre.

Las calizas, que son las más importantes de las rocas sedimentarias carbonatadas, proceden en último término de la precipitación de calcio y el anhídrido carbónico que existe en la disolución de las aguas continentales u oceánicas; el calcio, a la vez, procede de la alteración de los minerales de las rocas calcáreas formadas en una época anterior; el anhídrido carbónico, existente en la atmósfera, producido fundamentalmente en los fenómenos de oxidación de los seres vivos o de descomposición de sus residuos y de los gases expulsados de los volcanes.

1.2.2.3. Metodología y equipo de trituración

La operación de trituración, esta basada en otorgar al material a triturar tensiones superiores a su límite elástico que provoquen su fractura.

Las máquinas utilizadas para lograr esta acción, pueden ser clasificadas en 2 principales ramas:

- Máquinas que rompen la roca por compresión
- Máquinas que provocan la rotura por golpe

E incluso existe maquinaria que combina ambos principios. Para la fabricación de agregados, se cuenta con diversos tipos de maquinaria, entre estas se tiene:

- Trituradora de mandíbula de doble efecto o *Blake*: una de las mandíbulas se mueve respecto de la otra fija para triturar la roca, un motor mueve el excéntrico unido a una biela, que transmite la fuerza a la mandíbula, por medio de 2 tejas que son multiplicadores de fuerza.
- Trituradora de rotores de eje horizontal: suelen utilizarse de 1 ó 2 rotores, que consisten en tambores de acero recubiertos de placas de desgaste reemplazables, éstos giran dentro de una carcasa que lleva una serie de placas o barrotes cuya posición puede ser, en muchos casos, ajustada a un valor requerido.
- Trituradoras giratorias: puede operar a mayores velocidades debido a que se alimenta de material más fino, son muy sensibles a la humedad, debido a que la roca no puede salir, sin al menos haber sido triturada una vez entre la zona del cóncavo y nuez, o eje giratorio; se asegura que las

dimensiones del agregado es igual o menor a la abertura existente en la caída de la trituradora. El mecanismo de regulación de la abertura, consiste en que el cóncavo va soportado en una pieza que está roscada sobre una parte de la estructura soporte y se puede variar de esta forma su posición relativa respecto de la nuez.

1.3. Descripción de los sulfatos

Los sulfatos forman parte de las sales inorgánicas que normalmente se encuentran en las aguas freáticas y superficiales, aunque su grado de concentración puede ser bastante variable y se considera que este grado de concentración es inofensivo para el concreto de cemento Portland, si es inferior a 0,1 por ciento de sulfatos solubles (SO_4) en el suelo, o menor de 150 partes por millón (ppm) de sulfatos (SO_4) en el agua, conforme esta concentración de sulfatos en el medio de contacto, aumenta y se incrementa la agresividad potencial al concreto.

1.4. Ataque de sulfatos y cristalización de sales en el concreto

Los efectos dañinos en los procesos de deterioro del concreto, suelen ser un resultado de una combinación de acciones químicas y físicas, tal como el ataque de los sulfatos, iniciado por reacciones químicas que consecuentemente producen aumentos de volumen y a su vez, generan tensiones de carácter físico que agrietan el concreto, sin embargo, puede suceder que el deterioro únicamente sea de origen químico, tal como sucede cuando el concreto tiene contacto con una sustancia ácida, entonces el ataque y efectos son de naturaleza esencialmente química.

1.5. Zonas de mayor exposición del concreto a los sulfatos

La determinación de las condiciones de exposición de cualquier elemento es vital, y dependen de la posición geográfica, del carácter urbano, rural o industrial del lugar; y las características del medio de contacto corresponden al suelo, el agua o cualquier otra sustancia sólida, líquida o gaseosa que eventualmente pueda tener contacto con la estructura. En el caso de las condiciones que prevalecen en el interior del concreto, la condición más inestable que afecta la durabilidad del mismo, es la que se produce por las reacciones deletéreas entre el cemento y los agregados.

Los medios de contacto agresivos para el concreto, están caracterizados por suelos y aguas superficiales o freáticas que contienen sustancias que atacan químicamente al concreto, siendo la condición más desfavorable cuando existen sulfatos solubles en agua.

De forma común, las sales inorgánicas presentes en estos medios son los sulfatos, presentes en la naturaleza en diferentes niveles de concentración, cuando ellas se presentan en concentraciones pequeñas, se consideran prácticamente inofensivas, pero a medida que incrementan su nivel se vuelve una condición de riesgo para las estructuras de concreto, pues puede producir cambios volumétricos en los elementos y generar deterioro prematuro del concreto.

En la república guatemalteca, existen numerosos sitios donde el suelo o el agua, o ambos, contienen elevadas concentraciones de sulfatos, lo cual reviste importancia cuando en estos sitios se pretende cimentar estructuras de concreto. De manera general, no limitativa, puede decirse que es conveniente

evaluar esta condición previamente a la construcción, analizando el suelo y el agua, en las zonas áridas, zona costera y regiones pantanosas.

1.6. Influencia de la durabilidad del concreto ante el ataque de sulfatos

La durabilidad del concreto hecho con cemento hidráulico constituye la habilidad para resistir la acción del intemperismo, ataque químico, abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Además se establece que el concreto durable debe mantener su forma original, calidad y características de servicio cuando este es expuesto al ambiente.

La presencia de sulfatos en el agua que está en contacto con una pasta endurecida de cemento, puede aumentar considerablemente la solubilidad de los componentes de dicha pasta y causar el desarrollo de degradación del concreto por lixiviación, por otro lado, puede una reacción de cambio de base, en el curso de la cual el catión del sulfato será sustituido por Ca^{2+} , originándose también la degradación del concreto por el cambio iónico o puede darse una degradación por expansión, es decir, la formación de otros componentes estables en la masa endurecida del concreto, que provocan el aumento de volumen, que no puede acomodarse en el espacio original de los poros del concreto, generando esfuerzos internos de tensión en este, que inicialmente lo microfisuran y finalmente lo desintegra gradualmente.

La acción agresiva de los sulfatos externos sobre el concreto de cemento Portland es consecuencia de 2 reacciones químicas:

- La primera constituida por el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{HO})_2$), liberado durante la hidratación del cemento.

- La segunda provocada por los compuestos hidratados que provienen del aluminato tricálcico (C_3A) del propio cemento, que produce finalmente sulfoaluminato de calcio (etringita).

Generalmente el concreto que es atacado por sulfatos, presenta una apariencia blanquecina característica, pues la penetración de este provoca la pérdida progresiva de la rigidez y resistencia del hormigón.

1.7. Efectos sobre el refuerzo del concreto armado por el ataque de sulfatos

Actualmente uno de los materiales de construcción más usado, es el concreto, que junto con las varillas del acero constituyen el sistema conocido como concreto armado, sin embargo, la corrosión de las varillas representa uno de los mayores problemas para el mantenimiento de la integridad estructural de obras civiles.

Si las condiciones de servicio varían y el concreto se altera o a través de la penetración de sustancias agresivas, la corrosión de las varillas se desencadena con una triple consecuencia:

- Disminución de la sección de la varilla o incluso el acero se puede convertir completamente en óxido.
- Fisuración o desintegración del concreto debido a las presiones ejercidas por el óxido generado.
- Disminución o desaparición de la adherencia existente entre el concreto y la varilla.

Debido a la presencia de fisuramiento y penetración en la estructuras de los iones de sulfatos, puede provocarse depasivación del acero del armado y generar la formación de pilas electroquímicas, y desencadenar la corrosión del acero del armado que puede llevar al colapso la estructura.

1.8. Normas relacionadas con la caracterización de agregados

Es posible determinar las características de los agregados a través de las normas nacionales e internacionales que avalan el procedimiento de ensayo y constituyen un parámetro de interpretación para su uso posterior.

1.8.1. Agregado grueso

Lo constituye el agregado o porción del mismo que es retenido de modo predominante por el tamiz No. 4 (de 4,75 milímetros) y debe cumplir con los requerimientos de la tabla I.

Tabla I. **Requerimiento de clasificación para agregado grueso**

No. tamiz	Tamaño nominal	Tabla 2 Requisitos de granulometría para agregados gruesos															
		Porcentaje de muestra que pasa															
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16	No.50		
1	3 1/2 - 1 1/2	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	-		
2	2 1/2 - 1 1/2	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-	-		
3	2 - 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-		
357	2" - No.4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	0-15	10-30	-	0-5	-	-	-		
4	1 1/2 - 3/4"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	35-70	-	0-5	-	-	-	-		
467	1 1/2 - No.4	-	-	-	-	100	95-100	-	20-55	10-40	10-30	0-5	-	-	-		
5	1 - 1/2"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	0-10	0-5	-	-	-	-		
56	1 - 3/8"	-	-	-	-	-	100	90-100	-	-	0-15	0-5	0-5	-	-		
57	1 - No.4	-	-	-	-	-	100	95-100	90-100	25-60	-	0-10	-	-	-		
6	3/4 - 3/8"	-	-	-	-	-	100	90-100	90-100	20-55	0-15	0-5	0-5	-	-		
67	3/4 - 3/8"	-	-	-	-	-	100	100	100	-	20-55	0-10	0-5	-	-		
7	1/2 - No.4	-	-	-	-	-	-	-	-	90-100	40-70	0-15	0-10	-	-		
8	3/8" - No. 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	10-30	0-5	-		
89	3/8 - No. 16	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	5-30	0-10	0-5		
9A	No.4 - No.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	5-40	0-10	0-5		

Fuente: Normas ASTM C33-03. Vol 4. p.3.

1.8.1.1. Ensayo de granulometría para agregado grueso según Norma COGUANOR NTG h1 (ASTM C-136)

Este método de ensayo, es empleado para determinar la graduación de materiales propuestos para su uso como agregados, considerando una muestra de ensayo de agregado seco de masa conocida, separándola a través de una serie de mallas de aberturas progresivamente menores y establecer la conformidad de la distribución de tamaños de partículas con los requisitos aplicables de la especificación requerida.

Algunos factores importantes para el análisis granulométrico en el agregado grueso son:

- Tamaño máximo, que presenta 2 formas de hallarlo:
 - Tamaño máximo real
Este corresponde a la dimensión del menor tamiz que permite el paso de la totalidad de la muestra ensayada.
 - Tamaño máximo nominal
El tamaño máximo nominal es de la dimensión del tamiz inmediatamente superior al menor tamiz en el cual se retiene un porcentaje acumulado del 15 por ciento o más.

1.8.1.2. Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75 μ m (No. 200) en agregados minerales COGUANOR NTG h3 (ASTM C-117)

El agregado grueso debe ser resistente, limpio y sin presencia de recubrimientos extraños, polvo, arcilla, materiales solubles en el agua, pues provoca que se pierda la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, que en caso de presentarse, deben eliminarse a través de procedimientos adecuados como el lavado. Los resultados de este método de ensayo deben ser incluidos en los cálculos del método de ensayo de la Norma COGUANOR NTG 41010 h1 (ASTM C-136) y la cantidad total de material más fino que 0,075 milímetros por lavado, más el obtenido por tamizado en seco del mismo espécimen, constituyen el resultado de método de la Norma COGUANOR NTG 41010 h1 (ASTM C-136).

1.8.1.3. Absorción de agua y peso específico

A través de este método de ensayo, es posible determinar la gravedad específica promedio (no incluyendo los vacíos entre las partículas), densidad relativa, densidad relativa aparente y absorción del agregado grueso de la porción esencialmente sólida que proporciona un valor promedio representativo de la muestra. La gravedad específica, es útil para el cálculo del volumen ocupado por los agregados presentes en las mezclas.

La propiedad física de la absorción, definida por la relación entre peso y volumen de una masa determinada, el valor de la gravedad específica pueden determinarse según las especificaciones de las Normas COGUANOR NTG 41010 h8 (ASTM C-127) ó COGUANOR NTG h9 (ASTM C-128).

1.8.1.4. Peso unitario

Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad aparente (peso unitario) del agregado en condición compactada o suelta y aplicable a agregados que no excedan 150 milímetros de tamaño nominal, requerido para los diferentes métodos de cálculo de diseño de mezcla de concreto.

La toma de la muestra, preparación y procedimiento del ensayo se realizarán de acuerdo a las especificaciones de la Norma COGUANOR NTG h2 (ASTM C 29).

1.8.1.5. Estabilidad a la disgregación de los agregados mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio COGUANOR NTG h6 (ASTM C-88)

Este método, estima la estabilidad a la disgregación de los agregados a través de un proceso de inmersión repetida en soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, seguido de secado al horno para hidratar parcial o totalmente las sales precipitadas en los poros permeables, generando fuerzas expansivas internas derivadas de la rehidratación de la sal bajo inmersión, simulando la expansión del agua al congelarse. Esta es una manera útil de obtener información cuando no existen registros del comportamiento del material expuesto a las condiciones de meteorización reales. Este método puede ser utilizado para agregados cuyo uso sea para la elaboración de morteros, mezclas asfálticas y concreto.

La solución a utilizar en este ensayo, consiste en preparar 240 gramos de sulfato de sodio en polvo por cada litro de solución deseada, y generalmente

se requiere de un galón, aproximadamente 4 litros, para la realización de 5 ciclos de prueba y finalmente calcular el porcentaje de pérdida de masa.

Este método además proporciona el procedimiento para hacer una estimación preliminar de la calidad de los agregados, estos valores pueden ser comparados en la especificación de la Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33), diseñada para indicar las características que deben tener los agregados.

1.8.1.6. Métodos de cuarteo COGUANOR NTG h11 (ASTM C-702)

En cualquier ensayo se requiere de una muestra representativa de los diferentes tipos y tamaños de agregados. Este método establece el procedimiento manual y mecánico para el cuarteo de la muestra, pero se considera que el mejor resultado se obtiene del separador mecánico.

- Cuarteo manual de la muestra

Este método permite reducir la cantidad de material, cuarteándola manualmente para obtener muestras menores de 100 kilogramos.

- Para realizar el cuarteo, el material deberá manipularse en estado húmedo.
- La muestra deberá ser mezclada y apilada sobre una lona, lámina o superficie similar.

- Se deberá aplanar el material y formar una especie de cono truncado de unos 15 centímetros de altura y dividirse en cuadrantes por medio de una regla.
- Con la ayuda de una pala, deberá separarse el material en cuadrantes y tomar 2/4 opuestos para ser apartados. Si la cantidad del material restante de los 2/4 es suficiente para obtener la cantidad de muestra necesaria, se envasa, en caso contrario, se repite la operación hasta obtener la cantidad deseada de muestra.
- Separador mecánico

Es un método capaz de reducir la cantidad del material, a través de un cuarteador mecánico, para obtener muestras menores a 100 kilogramos.

- Colocar la muestra en el contenedor principal del cuarteador.
- Vaciar el material dentro del mismo.
- Vaciar uno de los recipientes separativos del cuarteador en el contenedor principal.
- Vaciar el material nuevamente hacia las bandejas separativas y colocar la muestra del recipiente faltante del cuarteador en el contenedor principal.
- Repetir el procedimiento cuantas veces sea necesario para obtener el tamaño de la muestra requerida.

2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS

Los bancos evaluados en esta investigación, fueron seleccionados por la importancia de su ubicación y volumen de extracción de material, que debido a las condiciones geológicas del lugar, la extracción de tipo artesanal es una práctica muy común, además de ser de los afluentes más caudalosos en su región.

El material de los bancos de los departamentos de Retalhuleu y Santa Rosa, se extrajeron de los sedimentos formados por el río Samalá y Los Esclavos, respectivamente.

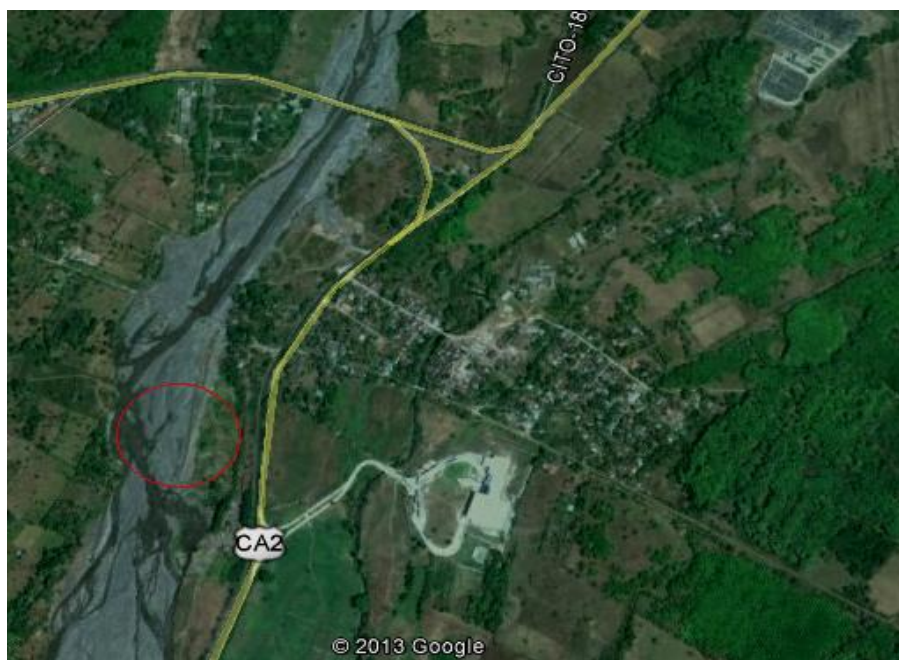
El material del banco de la zona 6, es extraído de cantera a través de voladuras y posteriormente transportado por góndolas para el proceso de trituración y finalmente ser tamizado y conducido por bandas transportadoras que separan el material dependiendo de la granulometría resultante.

Las muestras tomadas en cada banco, consisten únicamente en agregado grueso.

2.1. Localización del río Samalá, Retalhuleu

El río Samalá está ubicado en la Región VI o suroccidental, al suroeste de Guatemala, en el kilómetro 170 carretera al pacífico CA-02 municipio de Retalhuleu, alimentado por la cuenca del río Samalá que se ubica entre los paralelos 14° 09' y 15° 03' de latitud norte y los meridianos 91° 17' y 91° 49' de longitud oeste, vierte sus aguas al océano Pacífico y abarca parcialmente los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Sololá, Totonicapán y Quetzaltenango.

Figura 1. Fotografía satelital del río Samalá, Retalhuleu



Fuente: Google maps. Consultado: 18 de julio de 2013.

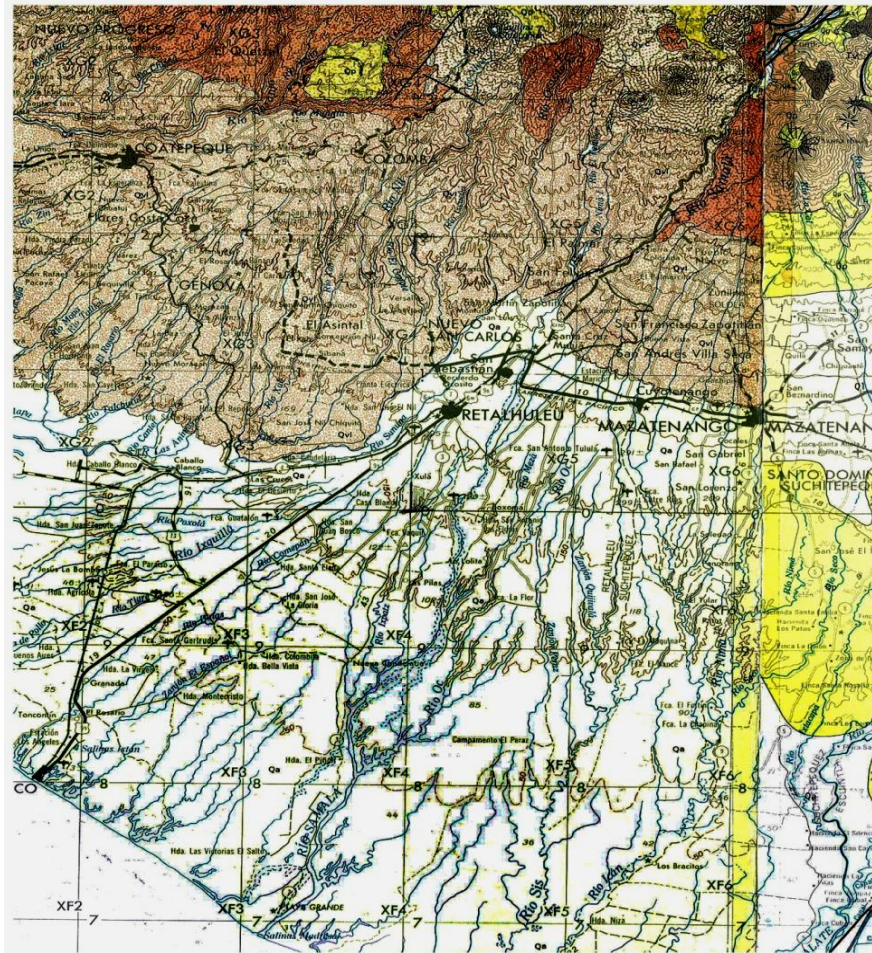
2.2. Descripción

La elevación del terreno del departamento de Retalhuleu, varía desde el nivel del mar hasta 1 050 metros sobre el nivel del mar aproximadamente, en él están representadas las divisiones fisiográficas del Litoral del Pacífico y Declive del Pacífico. La planicie del declive del pacífico se encuentra conformada por un sistema de abanicos aluviales coalescentes, compuestos principalmente de ceniza volcánica depositada durante varios períodos de erupción. Retalhuleu, en general, posee menos fuentes de agua que cualquier otra parte del Litoral del Pacífico, pues el único río de gran tamaño que lo atraviesa, es el río Samalá.

Según la información del Ministerio de Agricultura, el suelo en el que se encuentra el banco, es clasificado como tipo I, suelos profundos sobre materiales volcánicos de color café oscuro, en terreno suavemente inclinado, en la región de Retalhuleu.

Los minerales enlistados en la nómina de minerales de la Dirección General de Minería e Hidrocarburos, según su localización, son conglomerados arenosos (taxcal).

Figura 2. Formación geológica, río Samalá



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Mapa Geológico. Hoja Quetzaltenango.

Respecto a la simbología del mapa geológico, Qa corresponde a Cuaternario, aluvión.

2.3. Localización, río Los Esclavos, Santa Rosa

El río Los Esclavos está ubicado en la Región IV o suroriental, en la zona 15P y coordenadas UTM 795763, 1578256 en el municipio de Cuilapa, directamente al sur de Nueva Santa Rosa, limita al norte, con los municipios de Nueva Santa Rosa y Casillas del mismo departamento. Al oriente con Oratorio, Santa Rosa y San José Acatempa, Jutiapa; al sur con Santa María Ixhuatán y Santa Cruz Chiquimulilla, Santa Rosa; al poniente con Pueblo Nuevo Viñas y Barberena, Santa Rosa, a una elevación de 758 metros sobre el nivel del mar aproximadamente.

Figura 3. Foto satelital del río Los Esclavos



Fuente: Google Maps. Consultado: 23 de julio de 2013.

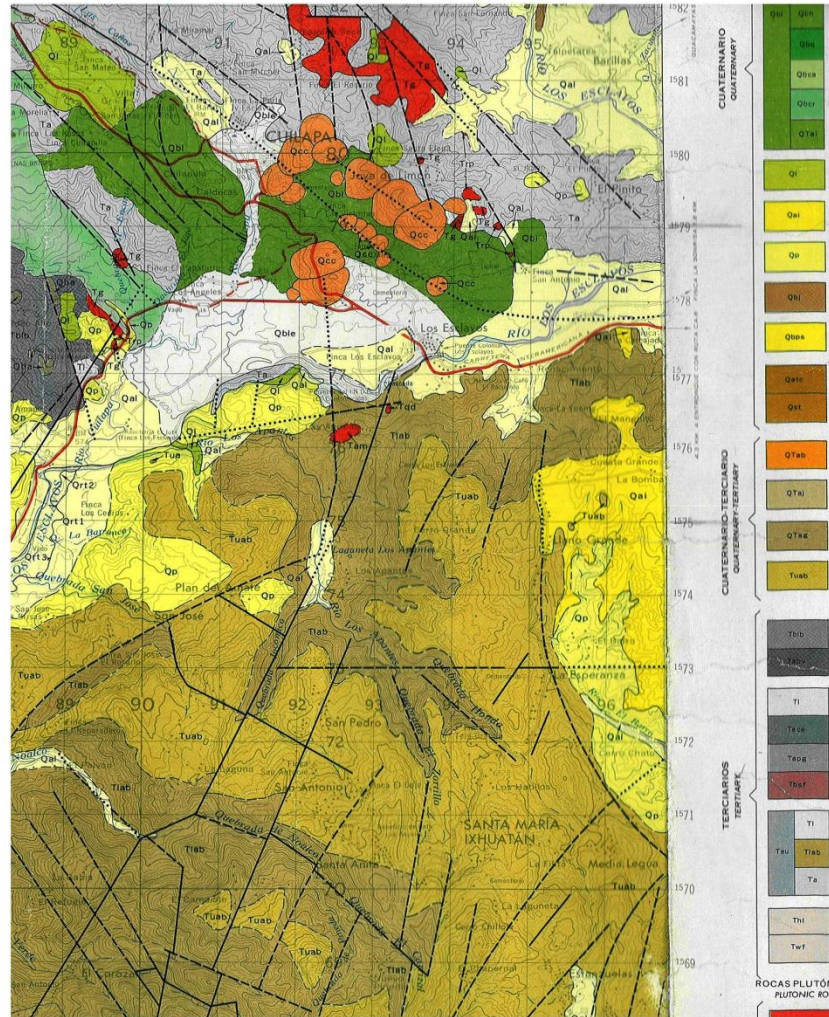
2.4. Descripción

La elevación promedio del departamento de Santa Rosa varía desde el nivel del mar hasta más de 1 800 metros sobre el nivel del mar aproximadamente, en él son más comunes las formaciones de lava volcánica con pendientes inclinadas y pedregosas.

El banco del cual proviene el material, constituye parte del Declive del Pacífico, constituida por un sistema de abanicos aluviales coalescentes formados durante períodos de actividad volcánica intensa. El suelo en el que se encuentra este material en la región de Cuilapa es clasificado por el Ministerio de Agricultura como tipo II y clasificación A, suelos del Declive del Pacífico y suelos poco profundos sobre materiales volcánicos de color oscuro, en terreno suavemente inclinado, respectivamente.

Adicionalmente la Dirección General de Minería e Hidrocarburos, enlista para el territorio de Cuilapa la presencia de minerales como antimonita, arena silicosa, basalto escoriáceo, cuarzo micáceo (piedras de fuego), jaspe y pirita

Figura 4. Formación geológica río Los Esclavos, Santa Rosa



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Mapa Geológico, Hoja Cuilapa.

Respecto a la simbología del mapa geológico, Qal corresponde a aluvión, (Qvf) relleno del valle y (Qrf) rellenos fluviales.

2.5. Localización zona 6, Guatemala

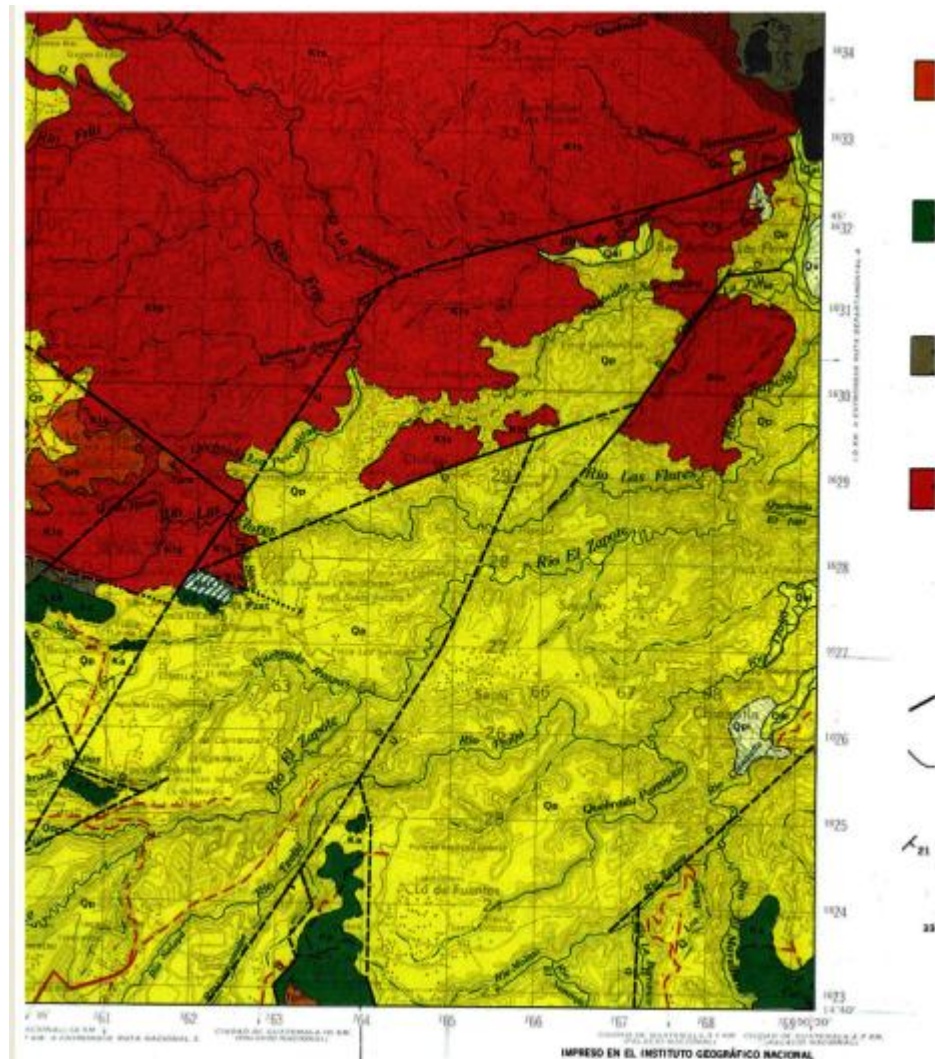
La planta de trituración de agregados de Centroamérica (AGRECA), está localizada en la 15 avenida 22-01 de la zona 6, en el interior de la finca La Pedrera de la ciudad de Guatemala, contiguo a la fábrica de cemento de Cementos Progreso, ubicada en las coordenadas geográficas $14^{\circ} 39' 58,13''N$ y $90^{\circ} 29' 42,89''O$ a una elevación de 1462 metros sobre el nivel del mar aproximadamente.

Figura 5. Foto satelital de la planta trituradora, AGRECA de la zona 6



Fuente: agrecacom.gt. Consultado el 19 de septiembre de 2013.

Figura 6. Formación geológica, zona 6



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Mapa Geológico, Hoja 2060 II G.

Respecto a la simbología del mapa geológico, Ka corresponde a caliza recristalizada incluyendo capas limosas delgadas.

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1. Tabulación y análisis de resultados

Las muestras de agregado grueso de los diversos bancos, se analizaron en el las instalaciones del (CII/USAC) Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería USAC, donde se realizó los ensayos correspondientes a las propiedades físicas (Norma COGUANOR NTG 41007, ASTM C-33), mecánicas (Norma COGUANOR NTG 41010 h6, ASTM C-88). El análisis petrográfico (Norma ,ASTM C-295) se efectuó en el CESEM (Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas), como parte del análisis mineralógico.

El examen petrográfico se efectuó a través de un microscopio estereoscópico, con el cual se clasificaron los minerales sin hacer clasificación por su número de tamiz debido a la uniformidad del material.

Los informes entregados por los laboratorios mencionados se muestran en el anexo de este documento.

3.1.1. Resultados de ensayos para Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33)

Los ensayos que constituyen la determinación de las propiedades físicas del agregado, corresponden al peso específico, peso unitario, porcentaje de vacíos, porcentaje de absorción y granulometría.

3.1.1.1. Muestra de agregado grueso, río Samalá, Retalhuleu

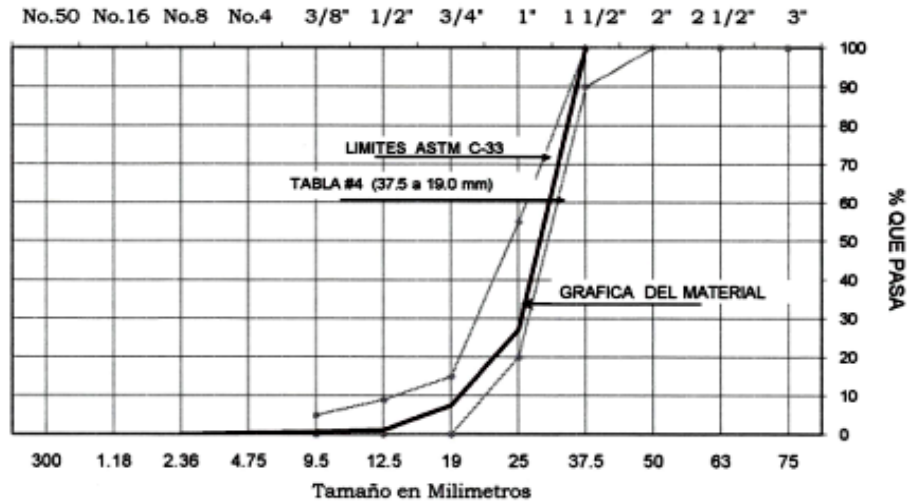
Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra del agregado pétreo correspondiente al banco 1, de origen natural (canto rodado) de acuerdo a las especificaciones de las normas respectivas.

Tabla II. Granulometría de agregado grueso

Tamiz No.		Masa retenida	Pasa
mm	pulg	g	%
50	2	0	-
37,5	1 1/2	0	100,00
25	1	11,97	27,10
19	3/4	3,21	7,55
12.5	1/2	1,04	1,22
9,5	3/8	0,08	0,73
4,75	4	0,05	0,43
	Fondo	0,07	0,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Granulometría COGUANOR NTG 41010 h1 (ASTM C-136) de agregado grueso**



Fuente: informe de análisis completo. CII/USAC.

Tabla III. **Resultados físicos según Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33) para agregado grueso**

Peso Específico	2,62	ASTM C 127
Peso Unitario Compactado (kg/m³)	1 487,1	ASTM C 29
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1 415,05	ASTM C 29
Porcentaje de Vacíos	43,24	ASTM C 29
Porcentaje de absorción	1,82	ASTM C 127
% Tamiz 200	0,48	ASTM C 117

Fuente: elaboración propia.

- Ensayos de las propiedades físicas del agregado grueso
 - La curva granulométrica del agregado, muestra que no se encuentra dentro de los límites granulométricos permitidos por la Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33), de 25,0-9,5 milímetros, por lo que es posible determinar que es un material mal graduado con tamaño máximo de 1 ½”.
 - El valor del peso específico del agregado es de 2,62 gramos por centímetro cúbico y se considera dentro del intervalo aceptado por la Norma COGUANOR NTG 41010 h8 (ASTM C-127), de 2,4-2,9 gramos por centímetro cúbico.
 - El peso unitario compactado posee un valor de 1 487,1 kilogramo por metro cúbico (kg/m^3) y peso unitario suelto de 1 415,05, el valor de la masa unitaria compactada, constituye información útil al momento de ser transportado el material del bando de origen hacia otro lugar.
 - El peso unitario está estrechamente relacionado con la granulometría de una muestra de lo que puede concluirse; si el resultado de la granulometría contiene una mayor cantidad de grueso su peso unitario es menor, a diferencia de un contenido menor de gruesos donde el peso unitario es mayor, debido a la existencia de un menor porcentaje de vacíos en la muestra. Esto es gracias a que no existe una norma que especifique los rangos permisibles, es un rango aceptable para Guatemala.

- El porcentaje de vacíos es de 43,24 por ciento, se ubica dentro del intervalo de aceptación del 30 al 50 por ciento especificado en la Norma COGUANOR NTG 41010 h2 (ASTM C-29).
 - El 1,82 por ciento correspondiente al valor de porcentaje de absorción del material, es menor al 3 por ciento de valor máximo que permite la norma para la aceptación del material.
 - Según la Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33), el agregado grueso, independientemente de la clase que sea, no debe contener más del 1 por ciento de material que pasa el tamiz 200, para este material su contenido es de 0,48 por ciento, por lo que no excede el límite establecido.
- Examen petrográfico

El examen petrográfico del agregado grueso se realizó en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM) efectuando el examen respectivo para la determinación de las características siguientes:

Muestra no. 1 (proceso de extracción depósito natural, canto rodado).

Procedencia: río Samalá, municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu.

Tipo de explotación: Yacimiento

Estructura: Compacta

Textura: Porfirítica

Nombre: Andesita Porfirítica

Color: Gris negruzco

Brillo: No metálico

Composición: Hiposilícicas, subalcalina, SiO₂ < 52%.

Observaciones: La muestra presenta alto grado de abrasión por rodamiento.

Utilidad práctica: Interés económico en la industria de la construcción.

3.1.1.2. Muestra de agregado grueso, río Los Esclavos, Santa Rosa

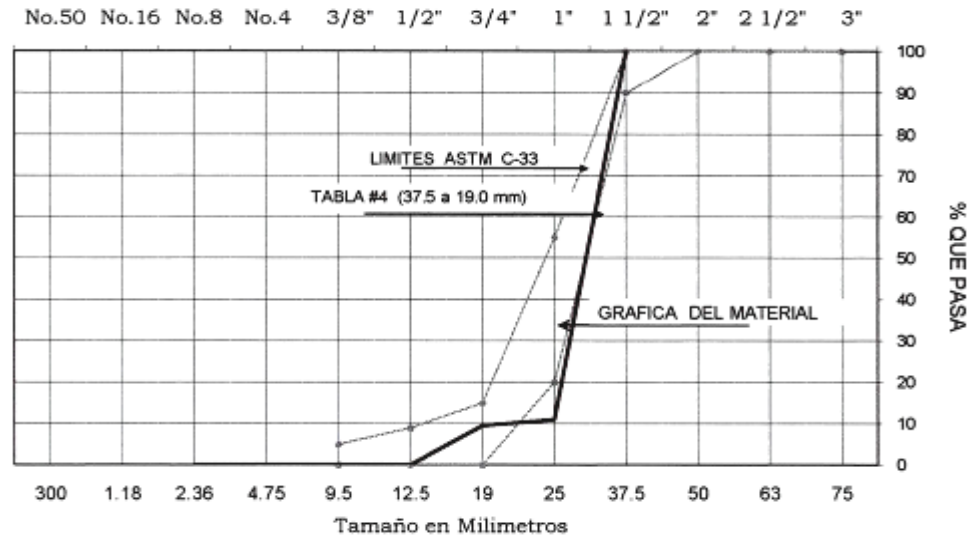
Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra del agregado pétreo correspondiente al banco 2, de origen natural (canto rodado) de acuerdo a las especificaciones de las normas respectivas.

Tabla IV. **Granulometría de agregado grueso**

Tamiz No.		Masa retenida	Pasa
mm	pulg	g	%
50	2	0	-
37,5	1 1/2	0	100,00
25	1	11,97	27,10
19	3/4	3,21	7,55
12,5	1/2	1,04	1,22
9,5	3/8	0,08	0,73
4,75	4	0,05	0,43
	Fondo	0,07	0,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Granulometría COGUANOR NTG 41010 h1 (ASTM C-136) de agregado grueso**



Fuente: informe de análisis completo, CII/USAC.

Tabla V. **Resultados físicos según Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33) para agregado grueso**

Peso Específico	2,42	ASTM C 127
Peso Unitario Compactado (kg/m³)	1 588,53	ASTM C 29
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1 517,56	ASTM C 29
Porcentaje de Vacíos	34,36	ASTM C 29
Porcentaje de absorción	2,24	ASTM C 127
% Tamiz 200	0,66	ASTM C 117

Fuente: elaboración propia.

- Ensayos de las propiedades físicas del agregado grueso
 - La curva granulométrica del agregado grueso, muestra que se encuentra dentro de los límites granulométricos permitidos por la Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33), de 25.0-9.5 milímetros, por lo que es posible determinar que es un material bien graduado con tamaño máximo de 1 ½”.
 - El valor del peso específico del agregado es de 2,42 gramos por centímetro cúbico (gr/cm³) y se considera dentro del intervalo aceptado por la Norma COGUANOR NTG 41010 h8 (ASTM C-127) de 2,4-2,9 gramos por centímetro cúbico.
 - El peso unitario compactado posee un valor de 1 588,53 kilogramos por metro cúbico (kg/m³) y peso unitario suelto de 1 517,56, el valor de la masa unitaria compactada, constituye información útil al momento de ser transportado el material del banco de origen hacia otro lugar.
 - El peso unitario está estrechamente relacionado con la granulometría de una muestra de lo que puede concluirse; si el resultado de la granulometría contiene una mayor cantidad de grueso su peso unitario es menor, a diferencia de un contenido menor de gruesos donde el peso unitario es mayor, debido a la existencia de un menor porcentaje de vacíos en la muestra. Esto es gracias a que no existe una norma que especifique los rangos permisibles, es un rango aceptable para Guatemala.

- El porcentaje de vacíos es de 34,36, se ubica dentro del intervalo de aceptación del 30 al 50 por ciento especificado en la Norma COGUANOR NTG 41010 h2 (ASTM C-29).
 - El 2,24 por ciento correspondiente al valor de porcentaje de absorción del material, es menor al 3 por ciento de valor máximo que permite la Norma para la aceptación del material.
 - Según la Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33) el agregado grueso, independientemente de la clase que sea, no debe contener más del 1 por ciento de material que pasa el tamiz 200, para este material su contenido es de 0,66 por ciento, por lo que cumple con dicha condición.
- Examen petrográfico

El examen petrográfico del agregado grueso, se realizó en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM) efectuando el examen respectivo para la determinación de las características siguientes:

Muestra no. 2 (proceso de extracción depósito natural, canto rodado).

Procedencia: río Los Esclavos, municipio de Cuilapa, departamento de Santa Rosa.

Tipo de explotación: Yacimiento

Estructura:	Compacta
Textura:	Gruesa
Nombre:	Granodiorita
Color:	Gris oscuro
Brillo:	No metálico

Composición: Persilícicas, SiO₂ > 65%

Observaciones: La muestra presenta alto grado de abrasión por rodamiento.

Utilidad práctica: Interés económico en la industria de la construcción.

3.1.1.3. Muestra de agregado grueso, zona 6, Guatemala

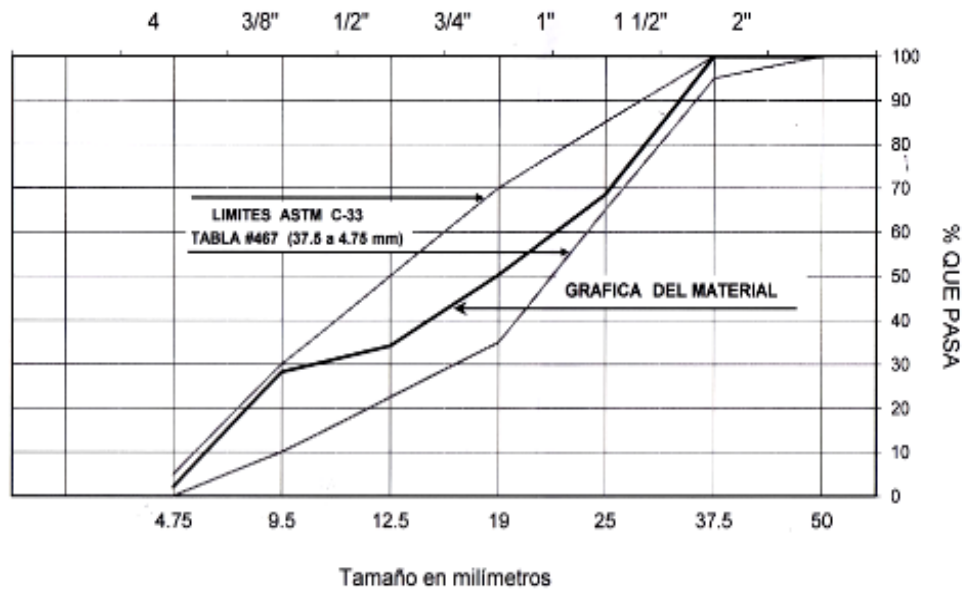
Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra del agregado pétreo correspondiente al banco 3, de origen artificial (agregado triturado) de acuerdo a las especificaciones de las normas respectivas.

Tabla VI. Granulometría de agregado grueso

Tamiz No.		Masa retenida	Pasa
mm	pulg	g	%
50	2	0	-
37,5	1 1/2	0	100
25	1	4,6	68,51
19	3/4	2,67	50,24
12,5	1/2	2,35	34,15
9,5	3/8	0,86	28,27
4,75	4	3,83	2,05
	Fondo	0,3	0

Fuente: elaboración propia

Figura 9. **Granulometría COGUANOR NTG 41010 h1 (ASTM C-136) de agregado grueso**



Fuente: informe de análisis completo. CII/USAC.

Tabla VII. **Resultados físicos según Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33) para agregado grueso**

Peso Específico	2,63	ASTM C 127
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1 620,79	ASTM C 29
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1 534,41	ASTM C 29
Porcentaje de Vacíos	38,46	ASTM C 29
Porcentaje de absorción	0,77	ASTM C 127
% Tamiz 200	0,44	ASTM C 117

Fuente: elaboración propia.

- Ensayos de las propiedades físicas del agregado grueso
 - La curva granulométrica del agregado grueso muestra que se encuentra dentro de los límites granulométricos permitidos por la Norma COGUANOR NTG-41007 (ASTM C-33), de 25,0-9,5 milímetros, por lo que es posible determinar que es un material bien graduado con tamaño máximo de 1 ½”.
 - El valor del peso específico del agregado es de 2,63 gramos por centímetro cúbico y se considera dentro del intervalo aceptado por la Norma COGUANOR NTG 41010 h8 (ASTM C-127), de 2,4-2,9 gramos por centímetro cúbico.
 - El peso unitario compactado posee un valor de 1 620,79 kilogramos por metro cúbico (kg/m³) y peso unitario suelto de 1 517,56 kilogramos por metro cúbico, el valor de la masa unitaria compactada constituye información útil al momento de ser transportado el material del bando de origen hacia el lugar de uso.
 - El peso unitario está estrechamente relacionado con la granulometría de una muestra de lo que puede concluirse; si el resultado de la granulometría contiene una mayor cantidad de grueso su peso unitario es menor, a diferencia de un contenido menor de gruesos donde el peso unitario es mayor, debido a la existencia de un menor porcentaje de vacíos en la muestra. Esto es gracias a que no existe una norma que especifique los rangos permisibles, es un rango aceptable para Guatemala.

- El porcentaje de vacíos es de 38,46 se ubica dentro del intervalo de aceptación del 30 al 50 por ciento especificado en la Norma COGUANOR NTG 41010-h2 (ASTM C-29).
 - El 0,77 por ciento correspondiente al valor de porcentaje de absorción del material es menor al 3 por ciento de valor máximo que permite la norma para la aceptación del material.
 - Según la Norma COGUANOR NTG 41007 (ASTM C-33) el agregado grueso, independientemente de la clase que sea, no debe contener más del 1 por ciento de material que pasa el tamiz 200, para este material su contenido es de 0,44 por ciento, por lo que cumple con dicha condición.
- Examen petrográfico

El examen petrográfico del agregado grueso, se realizó en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM) efectuando el examen respectivo para la determinación de las características siguientes:

Muestra no. 3 (proceso de trituración)

Procedencia: Planta trituradora AGRECA, La Pedrera zona 6, ciudad de Guatemala.

Tipo de explotación: Cantera

Estructura: Compacta

Textura: Intermedia

Nombre: Caliza

Color: Gris claro

Brillo: No metálico

Composición: Carbonatada, CaCO₃

Observaciones: Hay muestras de otro tipo de rocas en menor cantidad (volcánicas).

Utilidad práctica: Interés económico en la industria de la construcción.

- Estabilidad volumétrica de agregados por ataque de sulfatos de sodio COGUANOR NTG 41010 h6 (ASTM C-88)

Según la Norma COGUANOR NTG h6 (ASTM C-88), las pérdidas promedio pesadas posteriores a 5 ciclos de la prueba, en los que las muestras son sometidas a circunstancias extremas con sulfatos de sodio, no deberán exceder el 12 por ciento del peso inicial. Se observa que el agregado grueso de los bancos analizados sufrió una pérdida no mayor al 10 por ciento, lo que demuestra que el material cumple con el 12 por ciento establecido en la norma.

Tabla VIII. **Resultados de la muestra de agregado grueso para banco del río Samalá, Retalhuleu**

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
2 1/2" (63,5mm)	1 1/2" (38,1 mm)	0	-	-	-	-
1 1/2" (38,1 mm)	3/4" (19,05mm)	92,45	1 505	1 490,8	1	0,92
3/4" (19,05mm)	3/8" (9,52mm)	6,82	1 000,6	978,7	2,19	0,15
3/8" (9,52mm)	No.4 (4,76mm)	0.3	300,6	290	3,53	0,01
	Fondo	0.43	-	-	-	-
TOTALES		100	2 807,1	2 759,5	-	1,08

Fuente: elaboración propia

Tabla IX. **Porcentaje de desgaste del agregado grueso**

Peso Inicial (g)	Peso final (g)	% perdido
2 807,1	2 759,5	5,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Resultados de la muestra de agregado grueso para banco del río Los Esclavos, Santa Rosa**

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
2 1/2" (63,5mm)	1 1/2" (38,1 mm)	-	-	-	-	-
1 1/2" (38,1 mm)	3/4" (19,05mm)	-	1 504	1 383,4	8,02	4,3
3/4" (19,05mm)	3/8" (9,52mm)	-	1 000,6	887,3	11,32	4,04
3/8" (9,52mm)	No.4 (4,76mm)	-	300,4	271,9	9,49	1,02
	Fondo	-	-	-	-	-
TOTALES		-	2 805	2 542,6	-	9,36

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Porcentaje de desgaste del agregado grueso**

Peso Inicial (g)	Peso final (g)	% perdido
2 805	2 542,6	9,35

Fuente; elaboración propia.

Tabla XII. **Resultados de la muestra de agregado grueso para banco de la zona 6**

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
2 1/2" (63,5mm)	1 1/2" (38,1 mm)	0	-	-	-	-
1 1/2" (38,1 mm)	3/4" (19,05mm)	49,77	1 501,7	1 409,9	6,11	3,04
3/4" (19,05mm)	3/8" (9,52mm)	21,97	1 000,7	969,2	3,15	0,69
3/8" (9,52mm)	No.4 (4,76mm)	26,21	300	283,6	5,47	1,43
	Fondo	2,05	-	-	-	-
TOTALES		100	2 802,4	2 662,7	-	5,16

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Porcentaje de desgaste del agregado grueso**

Peso Inicial (g)	Peso final (g)	% perdido
2802,4	2662,7	4,98

Fuente: elaboración propia.

4. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de caracterización de agregado grueso

Para la obtención de los resultados para la caracterización del agregado grueso se utilizó material de diferentes procedencias (pedrín de canto rodado de dos bancos y pedrín de trituración).

Tabla XIV. Resultados de caracterización

Ensayo	Tipo de agregado		
	Canto rodado		Agregado triturado
	Banco 1	Banco 2	Banco 3
Peso específico (g/cm ³)	2,62	2,42	2,63
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	1 487,1	1 588,53	1 620,79
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	1 415,05	1 517,56	1 534,41
% de Vacío	43,24	34,36	38,46
% de absorción	1,82	2,24	0,77
% de material que pasa el tamiz 200	0,48	0,66	0,44
Granulometría	Adecuada	Inadecuada	Adecuada

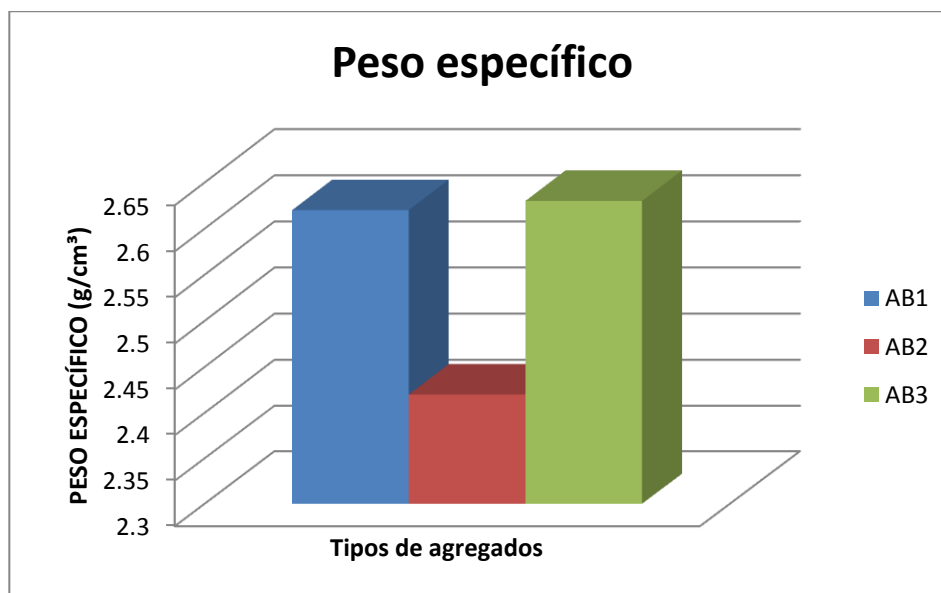
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Comparación de resultados

Banco	Peso específico	% de absorción	% perdido por sulfatos
Zona 6	2,63	0,77	4,98
Río Samalá	2,62	1,82	5,9
Río Los Esclavos	2,42	2,24	9,35

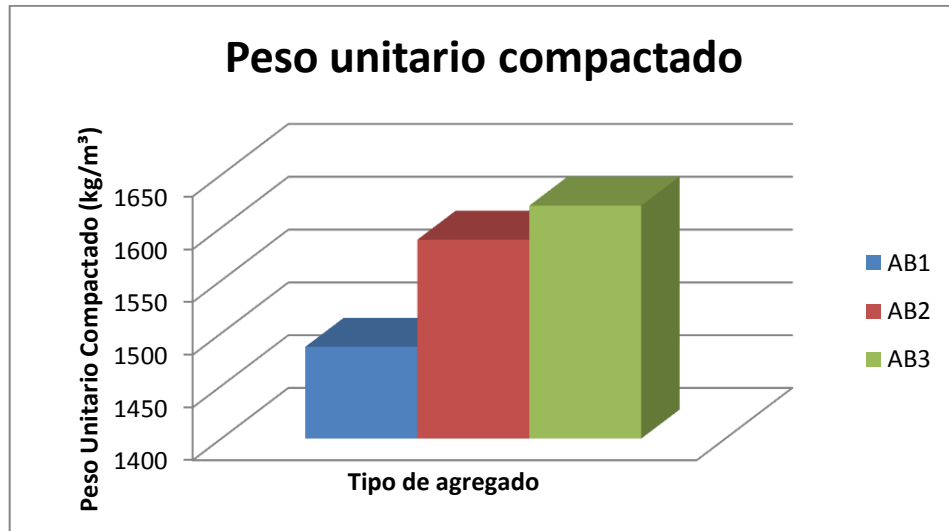
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Resultados del peso específico, agregado grueso



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Resultados peso unitario compactado, agregado grueso



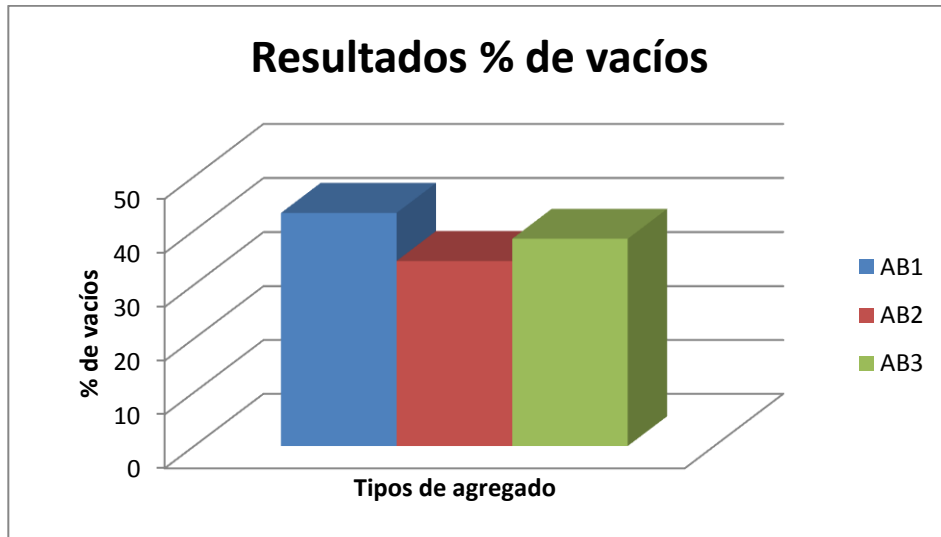
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Resultados peso unitario suelto, agregado grueso



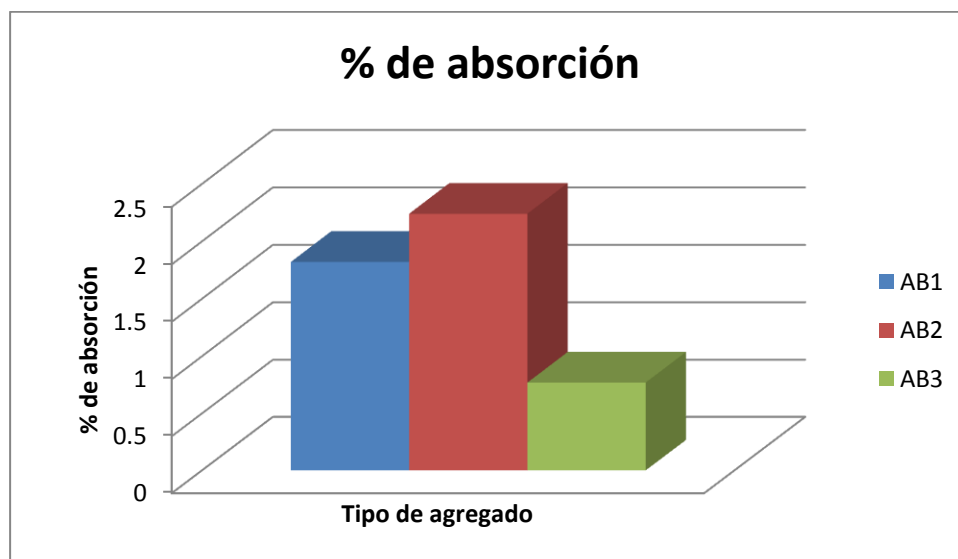
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Resultados de porcentaje de vacíos, agregado grueso



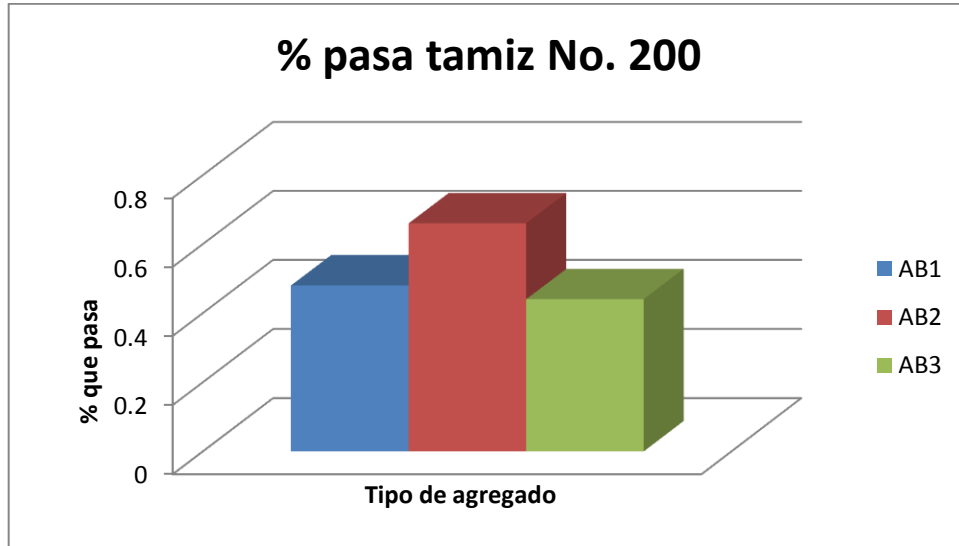
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Resultados de porcentaje de absorción, agregado grueso



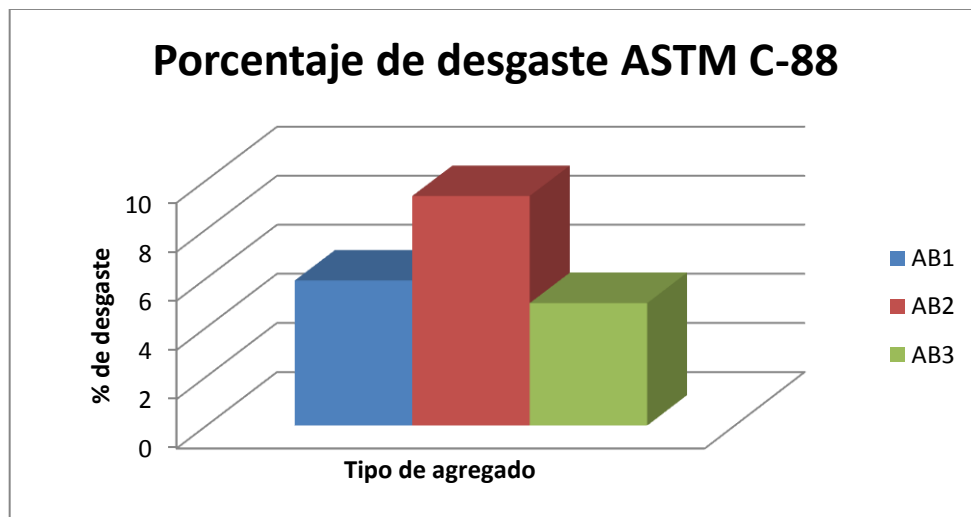
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Resultado porcentaje que pasa tamiz No. 200**



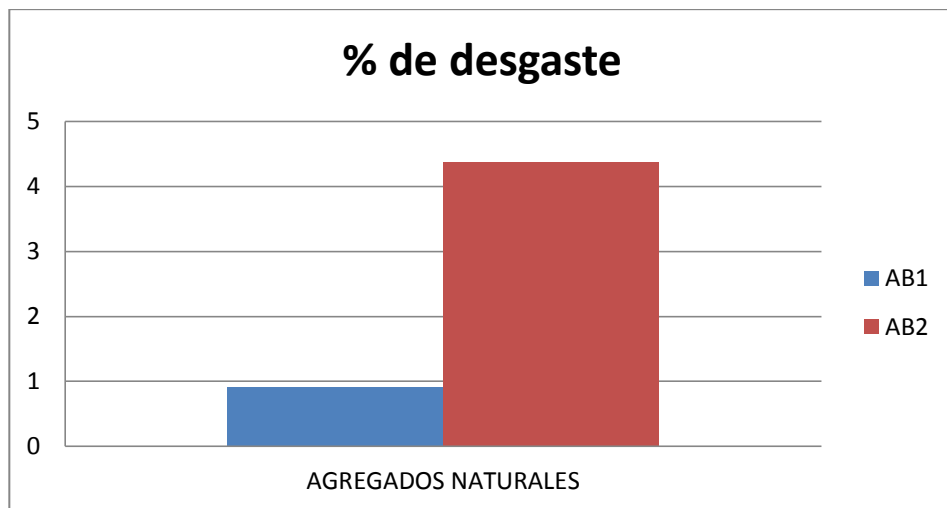
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Resultado porcentaje de desgaste por ensayo de estabilidad volumétrica de agregados por ataque de sulfatos de sodio**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Comparación del porcentaje de desgaste provocado por el ataque de sulfatos respecto al agregado de procedencia artificial**



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La composición mineralógica del agregado de acuerdo a su origen, constituyó un factor determinante en la resistencia a la degradación por sulfatos.
2. El agregado de origen calizo con composición mineralógica carbonatada (CaCO_3), demostró mejor comportamiento en la resistencia química ante el ataque de sulfatos.
3. Las rocas ígneas o magmáticas, utilizadas como objeto de ensayo, provenientes de los afluentes de ríos demostraron una relación directa respecto a su contenido de sílice (SiO_2) y su grado de desgaste, sufriendo mayor daño la roca ácida (contenido de sílice mayor al 65 por ciento) que la roca básica (contenido de sílice que oscila entre el 52 y 45 por ciento).
4. La composición mineralógica del agregado varió en función de la ubicación geográfica de los bancos de material, sin embargo las características físicas indican una calidad aceptable, por encontrarse dentro de los límites establecidos por las normas ejecutadas.
5. Al evaluar el peso específico de cada material, se encontró una relación directa con el grado de desgaste provocado por la presencia de sulfatos, que podría constituir un parámetro para evaluar la implementación de un concreto menos permeable.

6. El aumento de la porosidad y del porcentaje de absorción del material incidió directamente en su comportamiento frente al ataque químico.

7. El agregado grueso de los bancos analizados sufrió una pérdida menor al 10 por ciento del peso inicial, por las circunstancias extremas provocadas por sulfatos, lo que demostró el cumplimiento del límite del 12 por ciento máximo establecido en la Norma COGUANOR NTG h6 (ASTM C-88).

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable brindar la importancia debida al conocimiento del comportamiento del concreto armado en presencia de agentes agresivos como el sulfato de sodio, para considerar las acciones a emplea, prevenir daños a la estructura y obtener la durabilidad esperada de la misma.
2. Evaluar la calidad de los materiales constituyentes del concreto basándose en las estipulaciones de las normas debidas con el fin de asegurar la durabilidad del mismo.
3. Determinar la composición mineralógica de los agregados pétreos a utilizar en mezclas de concreto, a efecto de considerar sus posibles reacciones con los componentes de los materiales que lo conforman.
4. El agregado del concreto, impropiaamente clasificado inerte, debe considerarse en general como activos, pues su actividad puede ser favorable a la durabilidad del concreto o ser causa de su disgregación o hasta su destrucción total.
5. Determinar la concentración de sulfatos en el suelo para las estructuras de concreto que puedan estar en contacto con el suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARREDONDO, Francisco; et. al. *Los áridos en la construcción, extracción, preparación, utilización*. España: Editores Técnicos Asociados. 1967. 28 p.
2. American Society for Testing and Materials, *ASTM Book of Standards. Specification for concrete Aggregates*. USA: ASTM, 2002, No. de páginas, vol. 04.02.
3. *Concreto durable*. Instituto Mexicano del Cemento y Concreto (IMCYC) [en línea]: <http://www.imcyc.com/revista/2000/feb2000/durable.html>. [consulta: 22 de julio de 2013].
4. Dirección General de Minería e Hidrocarburos. *Nómina de muestras minerales de Guatemala*, Serie de divulgación técnica número 4. Guatemala: DGMH, 1965. 100 p.
5. *Evaluación de corrosión del acero en concreto expuesto a soluciones de sulfato*. Centro de Investigación en materiales avanzados. [en línea]: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/pea/v22n4/v22n4a03.pdf>. [consulta: 18 de julio de 2013].
6. MORALES RAMIREZ, Evelyn Maribel. *Manual de apoyo docente para desarrollar ensayos de laboratorio, relacionados con materiales de construcción*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, . Facultad de Ingeniería. 2006. 136 p.

7. ORTIZ DE LEÓN, Evelyn Elizabeth. *Calidad de agregados producidos en Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 111 p.
8. SIMMONS, Charles; TÁRANO, José Manuel; PINTO, José Humberto. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*: Servicio Interamericano de Agricultura (SCIDA); Instituto Agropecuario Nacional. Guatemala: (IAN), 1959. 1000 p.
9. PÁEZ CHÁVEZ, Carla María. *Evaluación de la Calidad de agregados para concreto de dos bancos, de la ciudad de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 68 p.
10. SOTO SOLARES, Ricardo Enrique. *Evaluación y análisis de mezcla de concreto, elaboradas con agregados de origen pétreo (canto rodado y trituración) y escoria de acería*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 87 p.
11. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ingeniería, *Manual de tecnología del concreto*. México: UNAM, Limusa, 1994. Sección 3. 382 p.

APÉNDICE

Figura 18. **Planta trituradora, zona 6**



Fuente: planta trituradora AGRECA zona 6, Guatemala.

Figura 19. **Muestra de agregado grueso, zona 6**



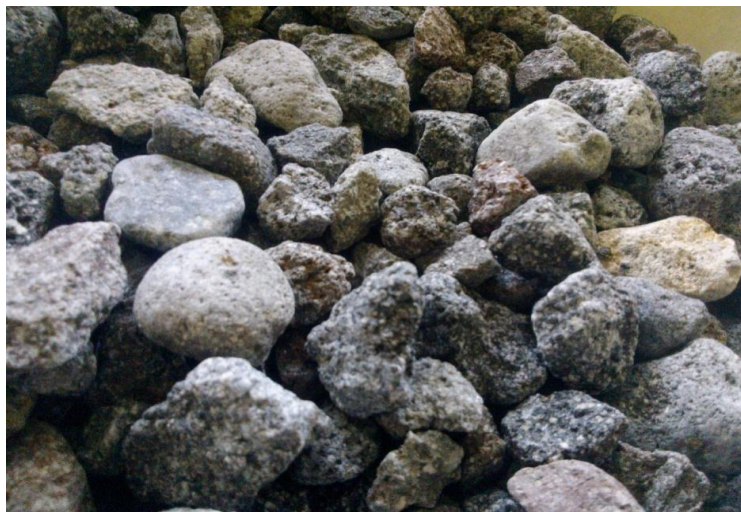
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC.

Figura 20. **Muestra de agregado grueso, río Los Esclavos, Santa Rosa**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC.

Figura 21. **Muestra agregado grueso, río Samalá, Retalhuleu**



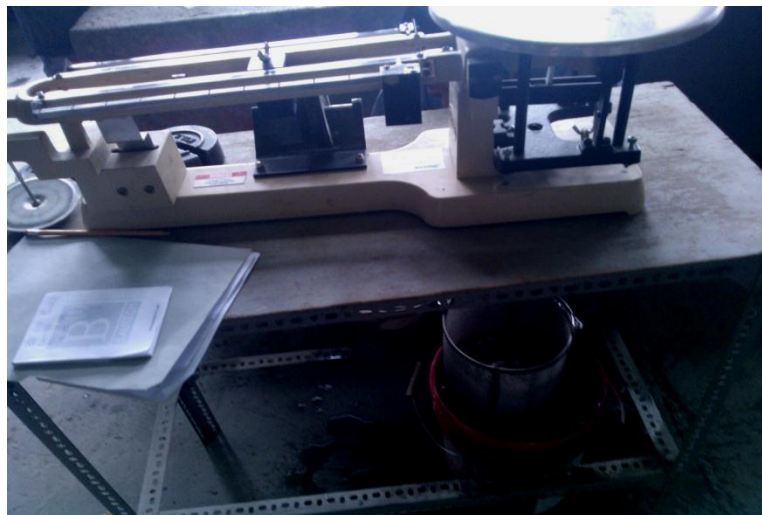
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC.

Figura 22. **Muestras de agregado grueso sometidas a la solución de sulfato de sodio, COGUANOR NTG 41010 h6 (ASTM C-88)**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC.

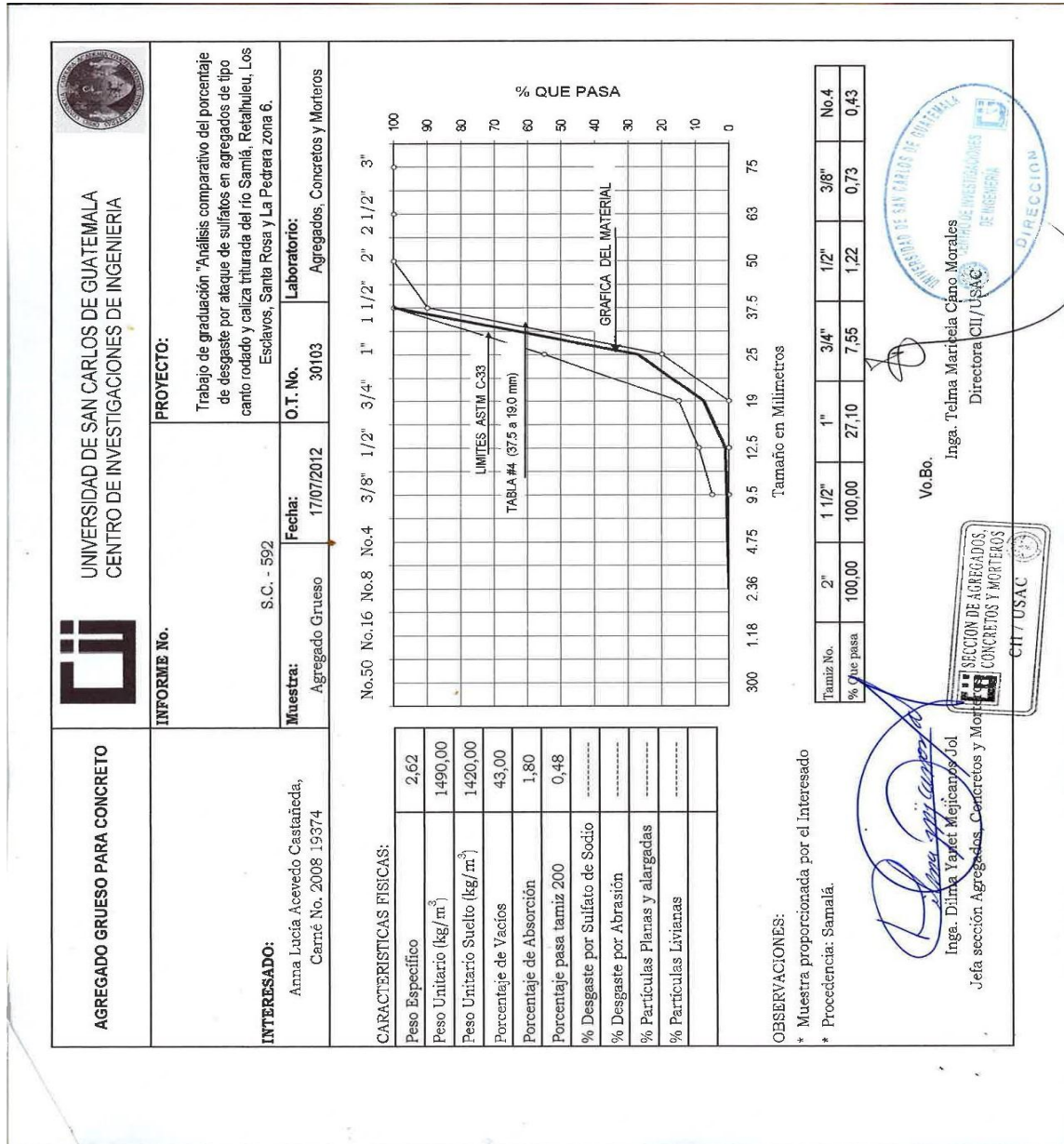
Figura 23. **Peso específico, COGUANOR NTG 41010 h8 (ASTM C-127)**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC.


ANEXOS

Figura 24. Resultado de análisis completo de agregado grueso para concreto del río Samalá, Retalhuleu




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. CII/USAC.

Figura 25. Informe de estabilidad volumétrica de agregados por ataque de sulfatos de sodio según Norma COGUANOR NTG 41010 h6 (ASTM C-88)



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



**INFORME DE ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA DE AGREGADOS
POR ATAQUE DE SULFATO DE SODIO
NTG 41010 h6 (ASTM C-88)**

HOJA No. 2/3
SC - 515

O.T. No. 31504

INTERESADO: Anna Lucia Acevedo Castañeda, Carné No. 2008 19374
Trabajo de Graduación "Análisis comparativo del porcentaje de desgaste por ataque de sulfatos en agregado de tipo canto rodado proveniente del Río Samalá, Retalhuleu y el Río Los Esclavos, Santa Rosa y Caliza triturada de la zona 6"

PROYECTO:

DIRECCIÓN:


FECHA: 18 de julio de 2013

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
2 1/2" (63.5 mm)	1 1/2" (38.1 mm)	0.00	-----	-----	-----	-----
1 1/2" (38.1 mm)	3/4" (19.05 mm)	92.45	1505.90	1490.80	1.00	0.92
3/4" (19.05 mm)	3/8" (9.52 mm)	6.82	1000.60	978.70	2.19	0.15
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	0.30	300.60	290.00	3.53	0.01
	Fondo	0.43	-----	-----	-----	-----
TOTALES		100.00	2807.10	2759.50	-----	1.08

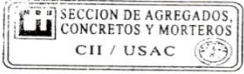
OBSERVACIONES:

- a) Muestra proporcionada por el interesado
- b) Muestra: **Agregado Grueso**
- c) Banco de procedencia: **Río Samalá**


ATENTAMENTE,




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



Vo.Bo.



Inga Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC

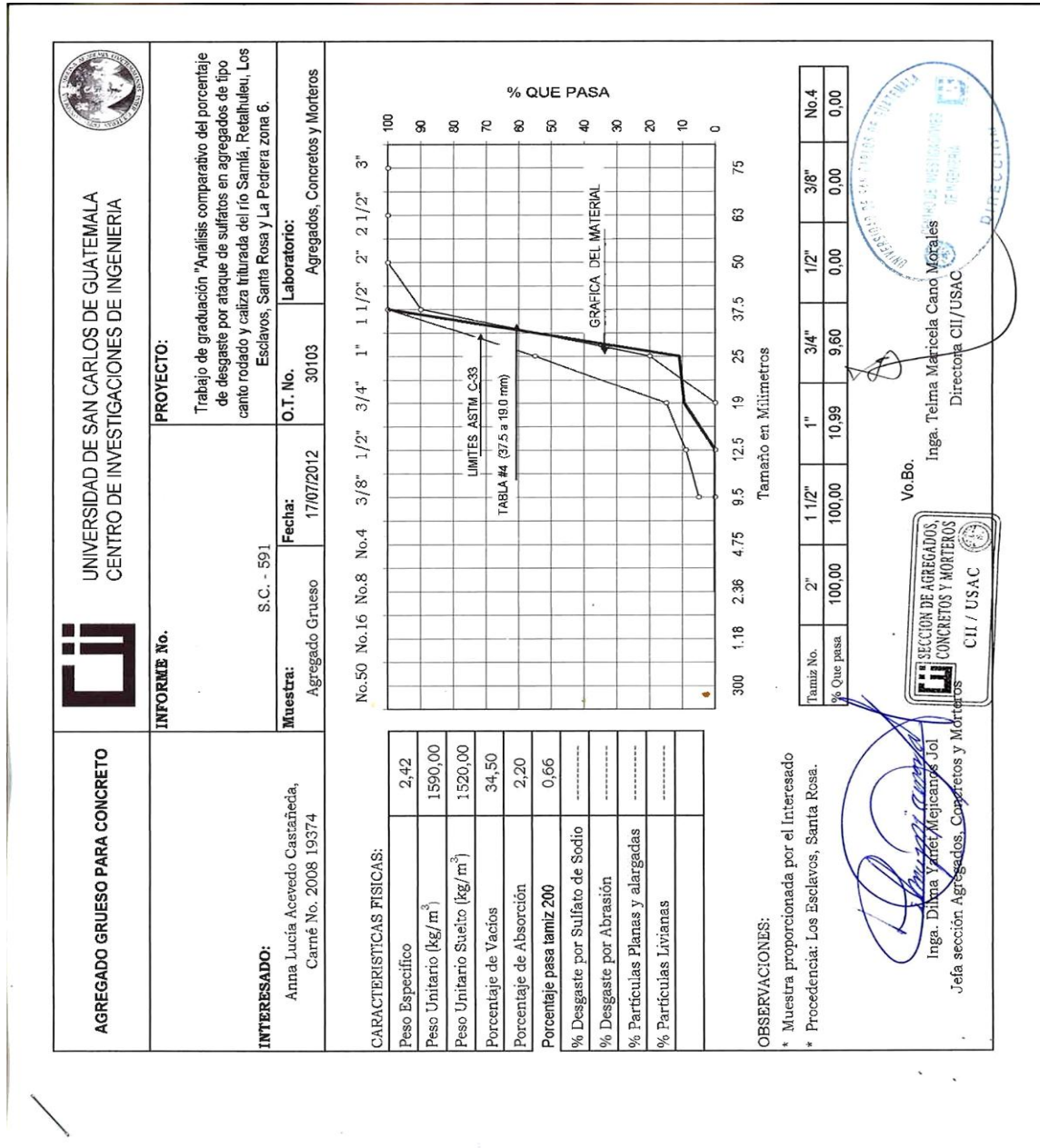


EMG

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

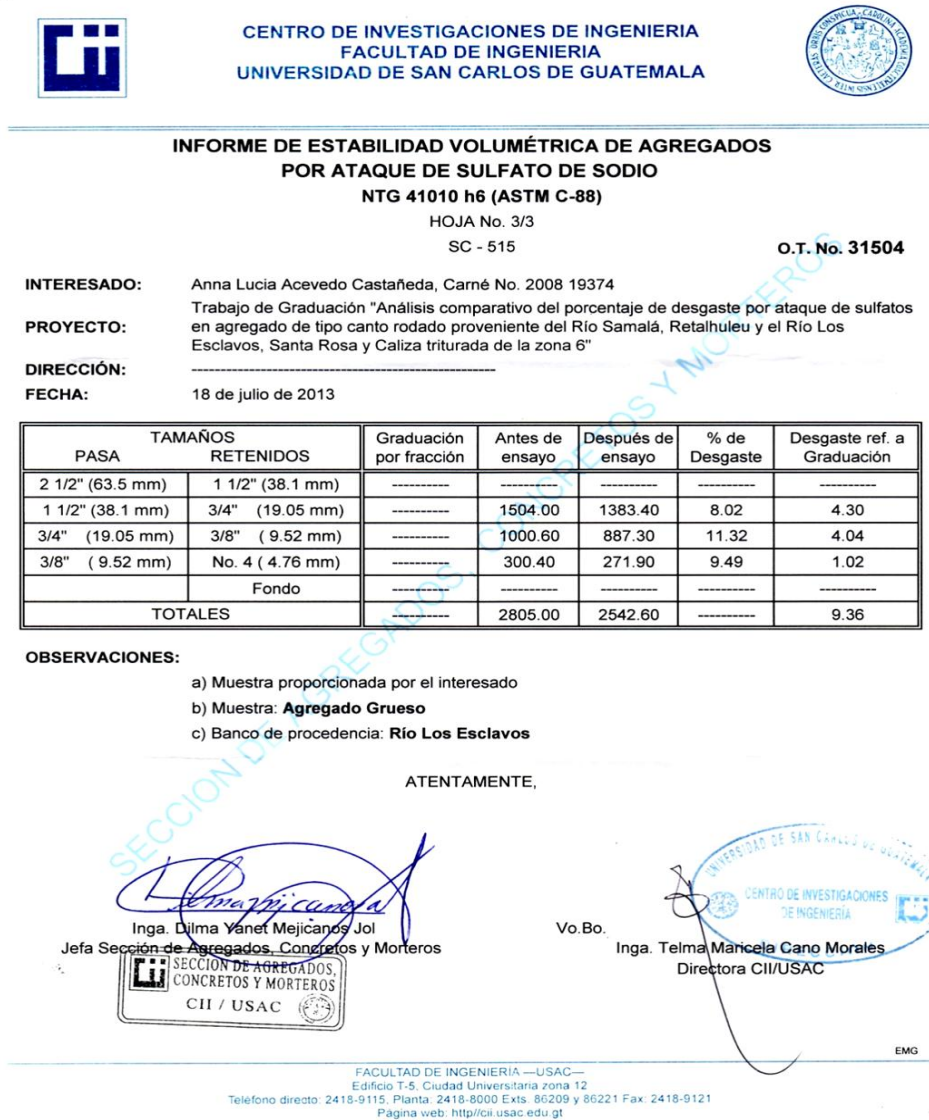
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. CII/USAC.

Figura 26. Resultado de análisis completo de agregado grueso para Concreto del río Los Esclavos, Santa Rosa



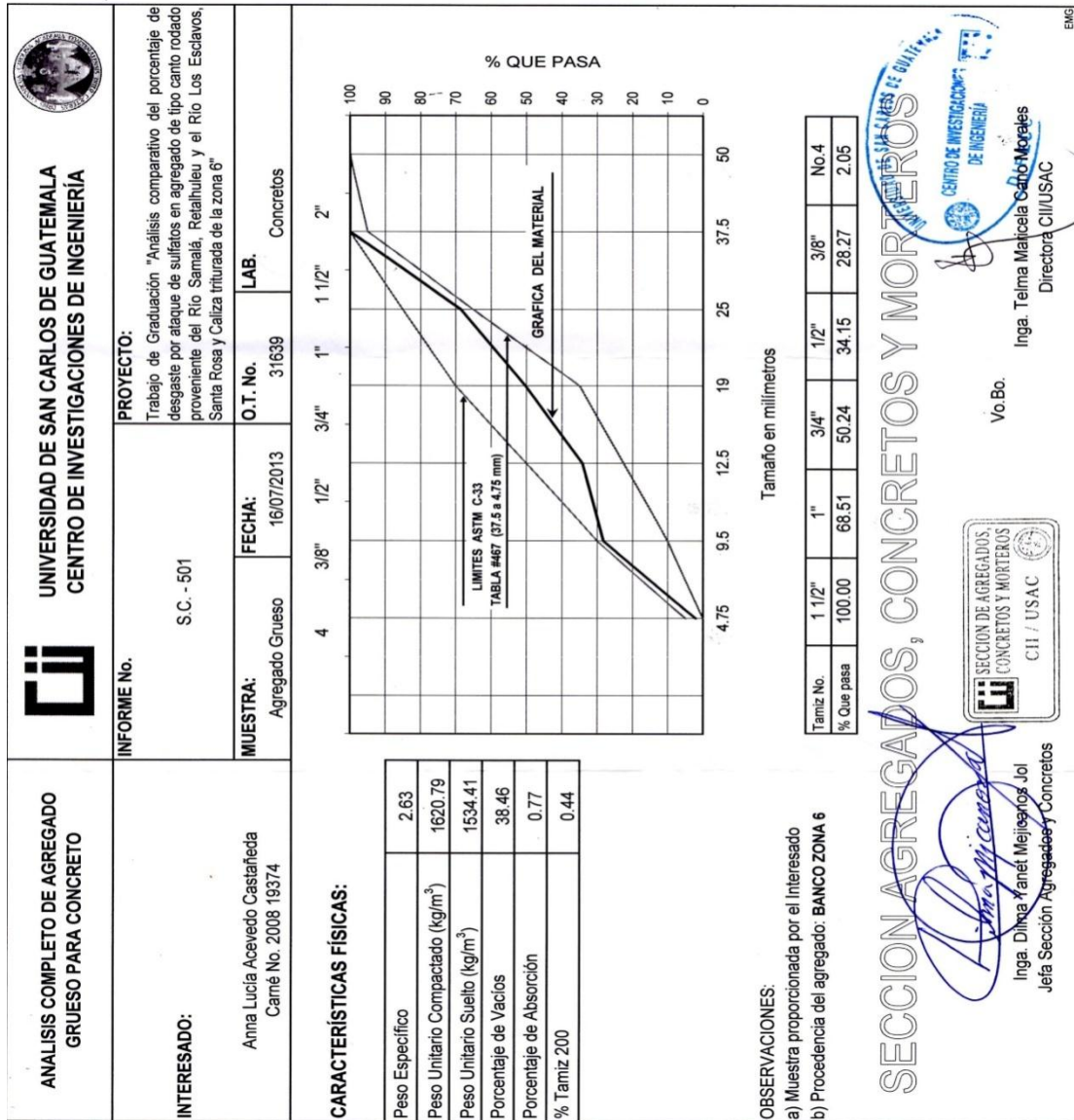
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. CII/USAC.

Figura 27. Informe de estabilidad volumétrica de agregados por ataque de sulfatos de sodio según Norma COGUANOR NTG 41010 h6 (ASTM C-88)



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. CII/USAC.

Figura 28. Resultados del análisis completo de agregado grueso para Concreto de la zona 6



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. CII/USAC.

Figura 29. Informe de estabilidad volumétrica de agregados por ataque de sulfatos de sodio según Norma COGUANOR NTG 41010 h6 (ASTM C-88)



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



**INFORME DE ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA DE AGREGADOS
POR ATAQUE DE SULFATO DE SODIO
NTG 41010 h6 (ASTM C-88)**

HOJA No. 1/3
SC - 515

O.T. No. 31504

INTERESADO: Anna Lucia Acevedo Castañeda, Carné No. 2008 19374
Trabajo de Graduación "Análisis comparativo del porcentaje de desgaste por ataque de sulfatos en agregado de tipo canto rodado proveniente del Río Samalá, Retalhuleu y el Río Los Esclavos, Santa Rosa y Caliza triturada de la zona 6"

PROYECTO:

DIRECCIÓN:

FECHA: 18 de julio de 2013

PASA	TAMAÑOS RETENIDOS	Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
2 1/2" (63.5 mm)	1 1/2" (38.1 mm)	0.00	-----	-----	-----	-----
1 1/2" (38.1 mm)	3/4" (19.05 mm)	49.77	1501.70	1409.90	6.11	3.04
3/4" (19.05 mm)	3/8" (9.52 mm)	21.97	1000.70	969.20	3.15	0.69
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	26.21	300.00	283.60	5.47	1.43
	Fondo	2.05	-----	-----	-----	-----
TOTALES		100.00	2802.40	2662.70	-----	5.16

OBSERVACIONES:

- Muestra proporcionada por el interesado
- Muestra: **Agregado Grueso**
- Banco de procedencia: **zona 6**

ATENTAMENTE,


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

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



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

EMG

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. CII/USAC.

Figura 30. **Carta del Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (análisis petrográfico)**



Guatemala, 21 de agosto 2013.

Señorita
Anna Lucia Acevedo Castañeda
Carne No. 200819374
Estudiante de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por este medio me es grato saludarle y desearle éxitos en las actividades que realiza. Al mismo tiempo me permito presentarle el resultado de la **Caracterización Mineralógico - Macroscópico** de las muestras de roca, recibida el día Agosto de 2013, con ubicación **en Río Samalá, Retalhuleu, Río Los Esclavos, Santa Rosa y Zona 6, Ciudad Guatemala, Guatemala.**

Sin otro particular, me suscribo.

Respetuosamente,

"Id y enseñad a todos"

Ing. Julio R. Luna Aroche
DIRECTOR
CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ENERGÍA Y MINAS
-CESEM-



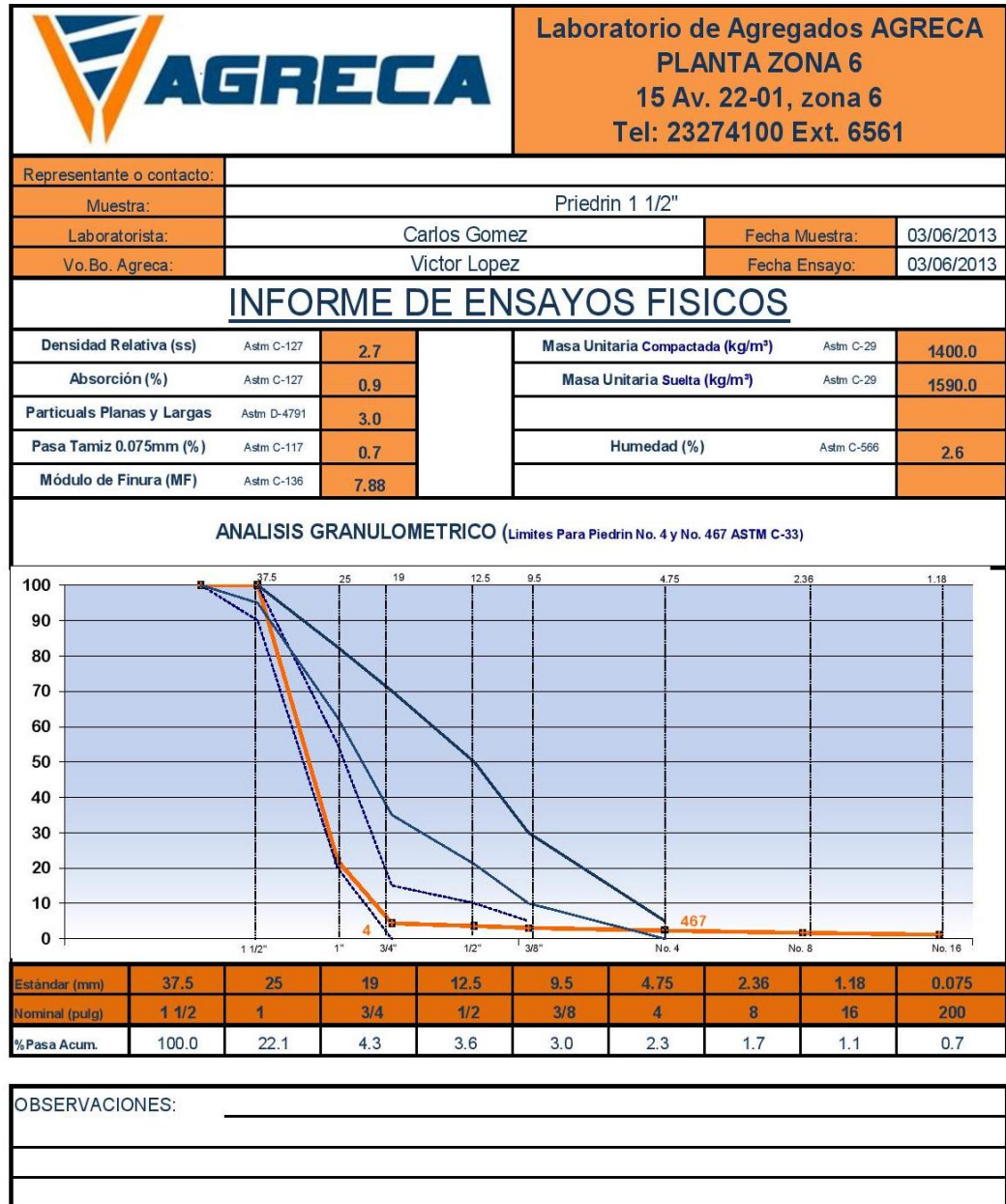
Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas. CESEM.

Figura 31. **Caracterización Petrográfica Macroscópica**

Caracterización Petrográfica – Macroscópico	
<u>Muestra 1</u>	
Ubicación:	Río Samalá, Retalhuleu
Estructura:	Compacta
Textura:	Porfírica
Nombre:	Andesita Porfírica
Color:	Gris negruzco
Brillo:	No metálico
Composición:	Hiposilícicas, subalcalina, SiO ₂ < 52%
Observaciones:	La muestra alto grado de abrasión por rodamiento.
Utilidad Práctica:	Interés económico en la industria de la construcción.
<u>Muestra 2</u>	
Ubicación:	Río Los Esclavos, Santa Rosa
Estructura:	Compacta
Textura:	Gruosa
Nombre:	Granodiorita
Color:	Gris oscuro
Brillo:	No metálico
Composición:	Persilícicas, SiO ₂ > 65 %
Observaciones:	La muestra alto grado de abrasión por rodamiento.
Utilidad Práctica:	Interés intermedio económico en la industria de la construcción.
<u>Muestra 3</u>	
Ubicación:	zona 6, Ciudad de Guatemala
Estructura:	Compacta
Textura:	Intermedia
Nombre:	Caliza
Color:	Gris claro
Brillo:	No metálico
Composición:	Carbonatada, CaCO ₃
Utilidad Práctica:	Interés económico en la industria de la construcción.
Observaciones:	Hay muestras de otro tipo de rocas en menor cantidad (volcánicas).

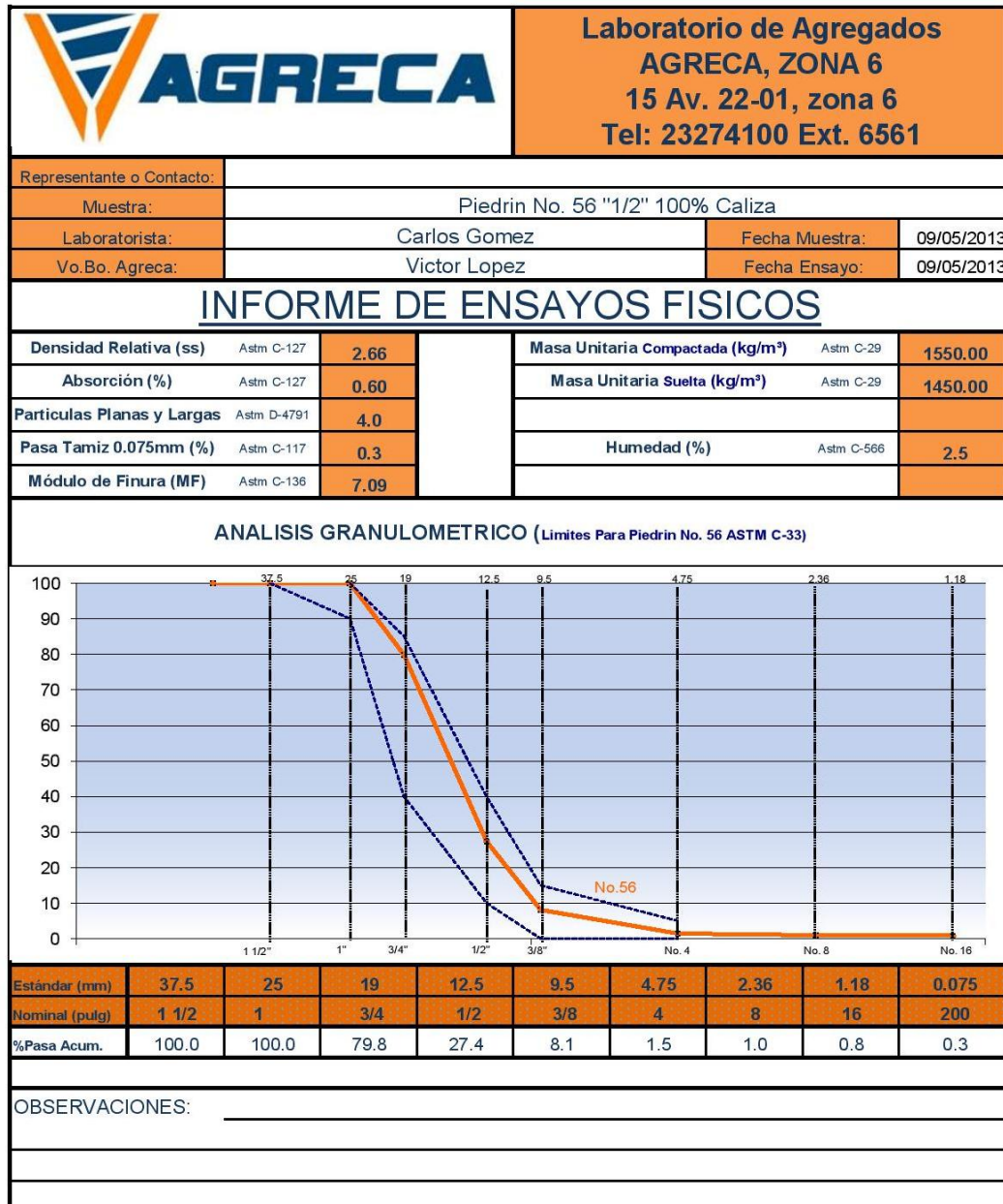
Fuente: Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas. CESEM.

Figura 32. Ficha técnica agregado grueso de 1 ½ pulgada, AGRECA zona 6



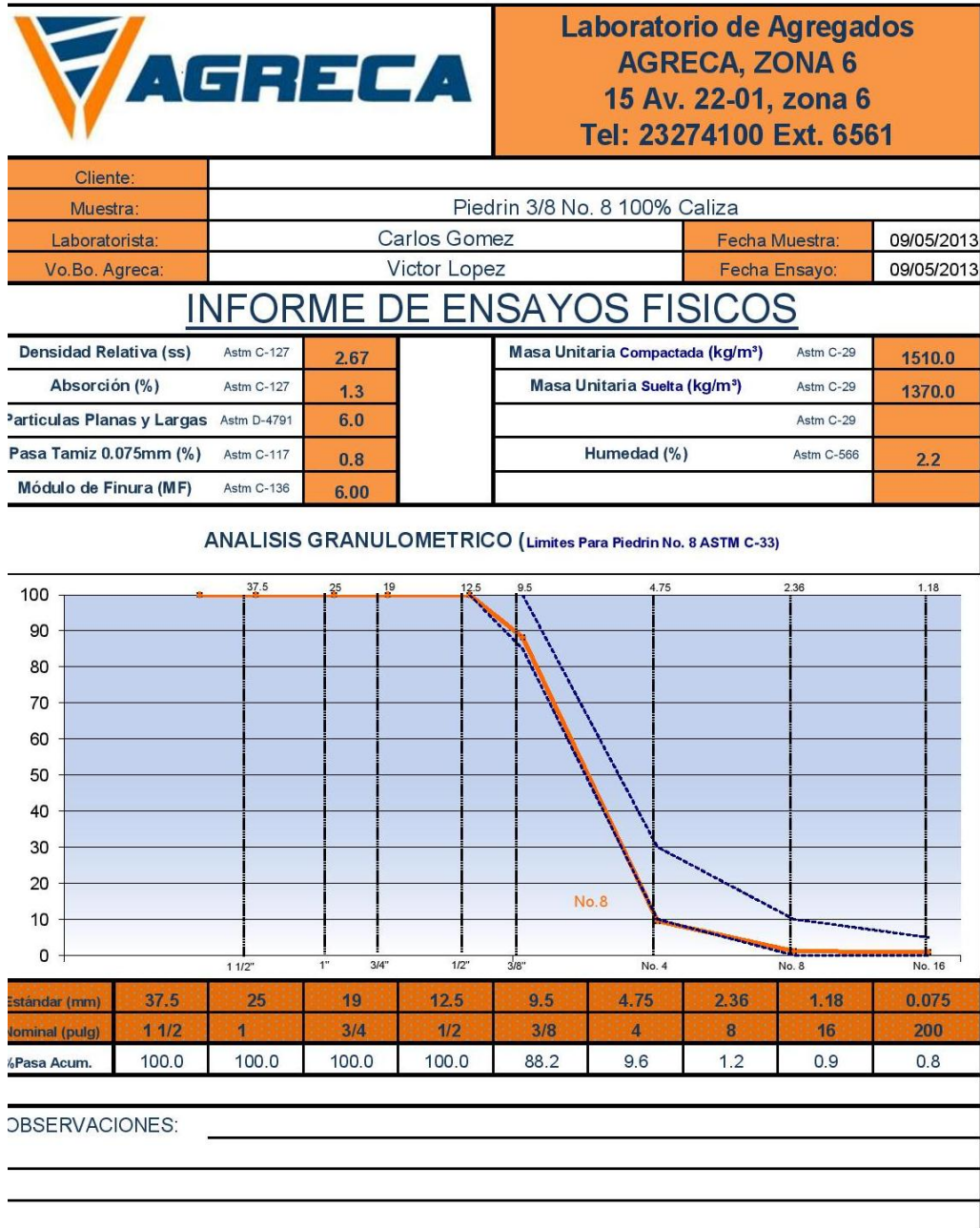
Fuente: Agregados de Centroamérica. AGRECA.

Figura 33. Ficha técnica agregado grueso de 1/2 pulgada, AGRECA zona 6



Fuente: Agregados de Guatemala. AGRECA.

Figura 34. Ficha técnica agregado grueso de 3/8 pulgada AGRECA, zona 6



Fuente: Agregados de Guatemala. AGRECA.

