



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

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS: FÍSICAS, MECÁNICAS,
QUÍMICAS Y PETROGRÁFICAS DE AGREGADOS, EXTRAIDOS DEL RÍO
SAMALÁ, DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU Y DEL RÍO
SAN MIGUEL PANÁN, DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PANÁN,
SUCHITEPEQUEZ, PARA SU USO EN LA INDUSTRIA DEL CONCRETO**

Sergio Iván López Córdova

Asesorado por la Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, septiembre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS: FÍSICAS, MECÁNICAS,
QUÍMICAS Y PETROGRÁFICAS DE AGREGADOS, EXTRAIDOS DEL RÍO
SAMALÁ, DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU Y DEL RÍO
SAN MIGUEL PANÁN, DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PANÁN,
SUCHITEPEQUEZ, PARA SU USO EN LA INDUSTRIA DEL CONCRETO**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO IVÁN LÓPEZ CÓRDOVA

ASESORADO POR LA ING. DILMA MEJICANOS JOL
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

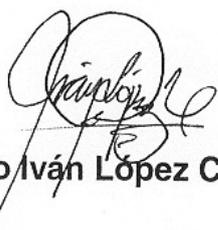
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR	Ing. Jorge Alberto Lan Lam
EXAMINADOR	Ing. Jefry Valentín Rosales
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS: FÍSICAS, MECÁNICAS, QUÍMICAS Y PETROGRÁFICAS DE AGREGADOS, EXTRAIDOS DEL RÍO SAMALÁ, DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU Y DEL RÍO SAN MIGUEL PANÁN, DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PANÁN, SUCHITEPEQUEZ, PARA SU USO EN LA INDUSTRIA DEL CONCRETO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de Ingeniería Civil, en febrero de 2008.



Sergio Iván López Córdova



Guatemala, 13 de Agosto de 2 009

Ingeniero Sydney Alexander Samuels Milson
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECTOR

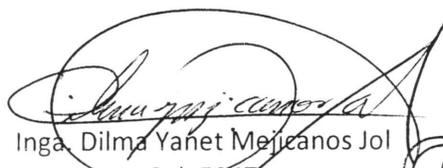
Ingeniero Samuels

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación **DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS: FISICAS, MECANICAS, QUIMICAS Y PETROGRAFICAS DE AGREGADOS, EXTRAIDOS DEL RIO SAMALA, DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIAN, RETALHULEU Y DEL RIO SAN MIGUEL PANAN, DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PANAN, SUCHITEPEQUEZ, PARA SU USO EN LA INDUSTRIA DEL CONCRETO**, elaborado con el estudiante **Sergio Iván López Córdova**, quien conto con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante López Córdova satisface los requisitos exigidos en el reglamento de graduación, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Inga. Dilma Yañet Mejicanos Jol
Col. 5947
ASESORA

Dilma Y. Mejicanos Jol
Ingeniera CIVIL
Col. 5947



Guatemala, 27 de agosto de 2 009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

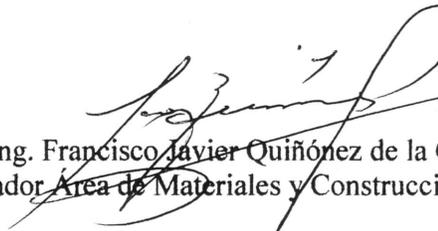
Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **“Determinación de las características: físicas, mecánicas, químicas y petrográficas de agregados, extraídos del río Samalá, del municipio de San Sebastián, Retalhuleu y del río San Miguel Panán, del municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez, para su uso en la industria del concreto”**, realizado por el estudiante universitario **Sergio Iván López Córdova**, quien contó con la asesoría de la Ingeniera Dilma Yanet Mejicanos Jol.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **López Córdova**, cumple con los objetivos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles



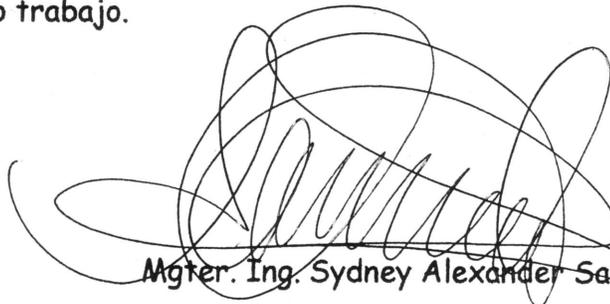
FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

Cc archivo



FACULTAD DE INGENIERIA

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. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Sergio Iván López Córdova, titulado DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS: FÍSICAS, MECÁNICAS, QUÍMICAS Y PETROGRÁFICAS DE AGREGADOS, EXTRAIDOS DEL RÍO SAMALÁ, DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU Y DEL RÍO SAN MIGUEL PANÁN, DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PANÁN, SUCHITEPÉQUEZ, PARA SU USO EN LA INDUSTRIA DEL CONCRETO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, septiembre 2009

/bbdeb.



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: **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS: FÍSICAS, MECÁNICAS, QUÍMICAS Y PETROGRÁFICAS DE AGREGADOS, EXTRAIDOS DEL RIO SAMALÁ, DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU Y DEL RÍO SAN MIGUEL PANÁN, DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PANÁN, SUCHITEPÉQUEZ, PARA SU USO EN LA INDUSTRIA DEL CONCRETO,** presentado por el estudiante universitario **Sergio Iván López Córdova,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, septiembre de 2009



/gdech

ACTO DE DEDICO A:

Dios, mi corazón está lleno de gratitud por el tiempo que me has concedido para estar aquí. Te pido que me des la gracia de hacer que mi vida sea merecedora de este maravilloso don que eres Tú.

Mis padres, Artemiza Córdova y Máquir López, porque si no fuera gracias a su esfuerzo yo no estaría aquí. Este logro es también de ustedes.

Mi hermanita, Diana Artemiza, por formar parte de mi vida, te quiero hermana.

Mis abuelos, Gladys de Córdova, Emilia González, Rufino López y Alberto Córdova (E.P.D).

Mis tíos y tías por sus consejos. Y a toda mi familia, gracias por estar en esos preciados momentos.

Mi Retalhuleu y mi Guatemala, por acogerme en este pedacito de tierra.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala, a la Facultad de Ingeniería, por ser parte importante en la formación de profesionales.

Al Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, por permitirme realizar este trabajo de graduación.

Un especial agradecimiento a la Ing. Dilma Mejicanos, por el apoyo y orientación brindados y por ser una guía para los estudiantes en el camino de los valores y principios morales y éticos.

Al grupo de trabajo PREMEXTEX, en especial al Ing. Sergio Pellecer, Ing. Udo Franz, Ing. Pedro Aguilar, Arq. Armando Tax, y a todos mis compañeros de trabajo.

Mis amigos que han formado y formarán parte de mi vida, Hernán, René, Leslie Tony, Claudia, Beverly, Alberto, Jorge y especialmente a Gabriel Estrada, Pablo Charchalac, Elder Gómez.

Los maestros y maestras de San Jerónimo, El Tumbador, San Marcos, y especialmente al profesor Elmer Maldonado, por enseñarme las primeras letras.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
2. DE LOS AGREGADOS, SEGÚN NORMA ASTM C-33.....	1
1.1 Agregado fino.....	1
1.1.1 Granulometría ASTM C-136.....	1
1.1.2 Impurezas orgánicas ASTM C-40.....	2
1.1.3 Tamiz 200 ASTM C-117.....	2
1.1.4 Bondad de los agregados por el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio ASTM C-88.....	2
1.1.5 Porcentaje de absorción ASTM C-127.....	3
1.1.6 Porcentaje de humedad ASTM C-566.....	3
1.1.7 Pesos unitarios ASTM C-29.....	3
1.1.8 Pesos específicos ASTM C-127.....	4
1.1.9 Módulo de finura ASTM C-136.....	5
1.2 Agregado grueso.....	5
1.2.1 Granulometría ASTM C-136.....	6
1.2.2 Bondad de los agregados por el uso de sulfato de sodio o sulfato d magnesio ASTM C-88.....	7
1.2.3 Pesos unitarios ASTM C-29.....	7
1.2.4 Pesos específicos ASTM C-128.....	8
1.2.5 Porcentaje de absorción ASTM C-128.....	9
1.2.6 Porcentaje de humedad ASTM C-566.....	9

1.3	Análisis de las propiedades mecánicas del agregado grueso.....	10
1.3.1	Abrasión en la Máquina de los Ángeles ASTM C-131.....	10
1.3.1.1	Equipo y maquinaria.....	10
1.3.1.2	Muestra de ensayo.....	11
1.3.1.3	Procedimiento.....	11
1.4	Examen petrográfico de agregados, según Norma ASTM C-95.....	12
1.4.1	Importancia y usos de los Exámenes petrográficos.....	13
1.4.2	Toma de muestras.....	13
1.4.3	Arena, grava natural, roca triturada y roca anaquel.....	14
1.4.4	Examen de grava, arena natural, roca triturada y roca expuesta o anaquel.....	15
1.4.4.1	Clasificación de grava, arena natural, roca triturada y roca anaquel.....	15
1.4.4.2	Condiciones de la muestras.....	16
1.4.5	Registros.....	17
1.4.6	Informes y cálculos.....	17
1.5	Reactividad Potencial de los agregados ASTM C-289 aplicación y uso.....	18
1.5.1	Selección y preparación de la muestra.....	18
1.5.2	Procedimiento.....	18
1.5.3	Componentes del Cemento Pórtland.....	21
2.	PRINCIPALES NORMAS RELACIONADAS Y SU FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN.....	22
2.1	Método de la barra de mortero para determinar la reactividad potencial de los álcalis	

	en combinaciones cemento – agregado ASTM C-277...	23
2.2	Bondad de los agregados por el uso de sulfatos de sodio ASTM C-88.....	23
2.3	Reactividad potencial de los álcalis en rocas carbonáticas ASTM C-586.....	24
2.4	Cambio potencial de volumen en combinaciones de cemento – agregado.....	25
2.5	Factibilidad de aplicación de las normas ASTM C-88, C-277, C-586 y C-342.....	25
3.	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS.....	27
3.1	Descripción y localización de los bancos seleccionados...	27
3.2	Localización y aspectos geológicos de las zonas.....	30
4.	MARCO EXPERIMENTAL.....	33
4.1	Tabulación, análisis e interpretación de resultados.....	33
4.2	Resultados según la norma ASTM C-131 Abrasión en la Máquina de los Ángeles.....	34
4.3.	Resultados según la norma ASTM C-33 Granulometría..	35
	4.3.1 Agregado fino.....	35
	4.3.2 Agregado grueso.....	38
4.4	Resultados según la norma ASTM C-88, uso de sulfato de sodio.....	42
4.5	Resultado según norma ASTM C- 289.....	42
4.6	Resultado según norma ASTM C-295.....	45
	4.6.1 Agregado fino.....	45
	4.6.2 Agregado grueso.....	50
	CONCLUSIONES.....	51
	RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	APÉNDICE.....	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. División entre agregados inocuos y dañinos.....	20
2. Fotografía del lugar de extracción de agregado fino y grueso, río Samalá Retalhuleu.....	28
3. Fotografía del lugar apilamiento de agregados fino y grueso, río Samalá Retalhuleu.....	28
4. Fotografía del lugar apilamiento de agregados fino y grueso, San Miguel Panán.....	29
5. Localización de los bancos de agregados en estudio río Samalá.....	30
6. Localización de los bancos de agregados en estudio San Miguel Panán.....	31
7. Curva granulométrica del agregado fino río Samalá	35
8. Curva granulométrica del agregado fino San Miguel Panán.....	36
9. Curva granulométrica del agregado grueso río Samalá.....	39
10. Curva granulométrica del agregado grueso San Miguel Panán	
11. Ilustración de la división entre agregados inocuos y nocivos con base a la prueba de reducción en alcalinidad.....	44
12. Distribución de las diferentes tipos de partículas del río Samalá.....	46
13. Porcentaje promedio de partículas río Samalá.....	47
14. Distribución de las diferentes tipos de partículas banco San Miguel Panán.....	48
15. Porcentaje promedio de partículas banco San Miguel Panán.....	49

16. Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino banco río Samalá.....	58
17. Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino banco río San Miguel Panán.....	59
18. Informe de la norma ASTM C-33 para agregado grueso banco río Samalá.....	60
19. Informe de la norma ASTM C-33 para agregado grueso banco río San Miguel Panán.....	61
20. Informe de la norma ASTM C-131 del agregado grueso del río Samalá y del río San Miguel Panán.....	62
21. Informe de desgaste por sulfato del sodio ASTM C-88 agregado fino banco río Samalá.....	63
22. Informe de desgaste por sulfato del sodio ASTM C-88 agregado fino banco río San Miguel Panán.....	64
23. Informe de desgaste por sulfato del sodio ASTM C-88 agregado grueso banco río Samalá.....	65
24. Informe de desgaste por sulfato del sodio ASTM C-88 agregado grueso banco río San Miguel Panán.....	66
25. Informe de la norma ASTM C-295 de agregado grueso y fino de bancos, río Samalá y río San Miguel Panán.....	67
26. Gráfico norma ASTM C-295 agregado grueso y fino bancos, río Samalá y río San Miguel Panán.....	68

TABLAS

I.	Límites de granulometría para el agregado fino según Norma ASTM C 33-01.....	1
II.	Capacidad del medidor y volumen según el tamaño del agregado.....	8
III.	Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 gramos de muestra.....	12
IV.	Cantidades de material de muestreo para el análisis petrográfico.....	14
V.	Composición y constitución del Cemento Pórtland.....	21
VI.	Ensayo de desgaste por abrasión en Máquina de los Ángeles.....	34
VII.	Granulometría agregado fino río Samalá.....	35
VIII.	Características físicas del agregado fino río Samalá.....	36
IX.	Granulometría agregado fino San Miguel Panán.....	36
X.	Características físicas del agregado fino San Miguel Panán.....	37
XI.	Granulometría del agregado grueso río Samalá.....	39
XII.	Características físicas del agregado grueso río Samalá.....	39
XIII.	Granulometría del agregado grueso San Miguel Panán.....	40
XIV.	Características físicas del agregado grueso San Miguel Panán.....	40
XV.	Determinación de la reactividad potencial de los agregados según la norma ASTM C-289.....	43
XVI.	Conteo del tipo de partícula, banco río Samalá.....	45
XVII.	Porcentaje de partículas banco río Samalá.....	46

XVIII.	Conteo del tipo de partículas, banco San Miguel Panán.....	47
XIX.	Porcentaje de partículas banco San Miguel Panán.....	48

GLOSARIO

Andesita	Roca volcánica compuesta por el feldespato plagioclasa y por minerales máficos –biotita, anfíboles y piroxenos-. Es característica de los volcanes que surgen en los bordes continentales.
Concoidea	Tipo de fractura que sufren algunos minerales. De forma curvada y marcada por anillos concéntricos, produciendo ejes agudos.”
Cuarzo	Mineral formado por sílice, su fórmula química es SiO_2 , de fractura concoidea, su brillo es vítreo; incoloro cuando es puro, pero es frecuente que esté teñido por impurezas, con una dureza de siete en la escala de Mohs y una densidad relativa de 2.65, es tan duro que raya el acero. Es el mineral más abundante y frecuente de la corteza terrestre.
Deleznable	Que se rompe, disgrega o deshace, fácilmente. Que se resbala con facilidad.

Diaclasa	Superficie de ruptura en roca, a lo largo de la cual no se ha producido desplazamiento entre los bloques originados.
Esquisto	Un tipo de roca sedimentaria blanda, que se forma por la deposición de capas sucesivas de partículas finas, arcilla, limo o barro transportadas principalmente por el agua.
Geomorfología	Es la ciencia que estudia las formas del relieve terrestre; pues, según las partículas que componen el término, “geo” es tierra, “morfo” es una forma y “logía” es tratado o estudio. Se remite solo al estudio de la topografía.
Hornablenda	Mineral ferro magnesiano del grupo de los anfíboles muy abundante en la naturaleza como componente de rocas eruptivas.
Lignito	Carbón mineral cuya composición es de 60% a 75% de carbono, 20% a 30% de oxígeno y 5,5% de hidrógeno.
Máficos	Mineral rico en magnesio y en hierro.
Mica	Es un mineral perteneciente a un grupo numeroso de silicatos de alúmina, hierro, calcio, magnesio y minerales alcalinos caracterizados por su fácil exfoliación en delgadas láminas flexibles, elásticas y muy brillantes.

Mortero	Mezcla constituida por agua, arena y aglomerante como el Cemento Portland. Puede contener además un aditivo.
Pómez	Vidrio volcánico muy poroso. Este es ligero debido a la liberación de los gases que contenía la lava de la que procede.
Serpentina	El amianto es el nombre que se le da a un grupo de fibras minerales naturales que se divide en dos grupos, dentro de ellos se encuentra la serpentina.
Vidrio Volcánico	Los vidrios son soluciones, excesivamente viscoso y grandes, sobre enfriadas en las cuales las moléculas o los grupos atómicos están desordenados y no en un orden definido tal como en los cristales.

RESUMEN

Esta investigación analiza la calidad de agregados para concreto de dos bancos ubicados en los municipios de San Sebastian, Retalhuleu y el Municipio de San Miguel Panán, Suchitepequez. Para este fin, se tomaron dos muestras de cada banco, una de agregado fino y la otra del agregado grueso, los cuales fueron trasladados a los laboratorios del Centro de Investigaciones de Ingeniería, donde se practicaron los ensayos respectivos para determinar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.

Para analizar las propiedades físicas del agregado, se utilizó la norma ASTM C-33 que especifica los requisitos generales que debe llenar un agregado. Las propiedades mecánicas se determinaron de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM C-131, denominada ensayo de desgaste por abrasión, la cual se aplica sólo al agregado grueso y, por último, para conocer las propiedades químicas y mineralógicas se utilizó el examen petrográfico, según la norma ASTM C-295 y el ensayo de reactividad potencial C-289.

Con los datos proporcionados por los ensayos de laboratorio, se determinó que los agregados de estos bancos son recomendables para fabricar concreto de Cemento Pórtland, ya que, cumplen con los límites y requisitos que establecen las normas antes mencionadas.

OBJETIVOS

General:

Analizar y evaluar la calidad de agregados para el consumo de la producción de concreto, en las poblaciones cercanas al río Samalá y del río San Miguel Panán, para determinar la calidad del concreto.

Específicos:

1. Establecer las características físicas, mecánicas, químicas y petrográficas de los agregados, del río Samalá y del río San Miguel Panán, en la jurisdicción de Retalhuleu
2. Extraer información de los agregados del banco ubicado en el río Samalá, del municipio de San Sebastián, Retalhuleu, así también del río San Miguel Panán, del Municipio de San Miguel Panán, Suchitepequez como aporte a la localización de los bancos que pueden abastecer de material para la producción de concreto.
3. Determinar características químicas, como la reactividad potencial y petrográfica.
4. Hacer comparación en los dos bancos analizados.

INTRODUCCIÓN

El concreto es un material durable y resistente, dado que en su proceso de reacción toma forma plástica, prácticamente puede adquirir cualquier forma. Esta combinación de características es la razón principal por la que se define como un material de construcción resistente y de larga duración, brindando así seguridad y calidad a las estructuras.

La importancia de los agregados y sus componentes, lleva a la investigación de sus propiedades, tanto como su forma de interactuar al ser mezclados con otros materiales y para conseguir los resultados deseados en la mezcla de concreto.

En Guatemala se cuenta con una diversidad de bancos de agregados como el caso de la cuenca del río Samalá, Retalhuleu, por esta razón, vale la pena realizar el análisis correspondiente para determinar la calidad que cada uno de ellos posee para el mejoramiento del concreto en la construcción.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas especificaciones para darles un uso adecuado y óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, resistentes y libres de impurezas orgánicas y productos químicos absorbidos en el recorrido del río, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia a la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. Para determinar la aceptación de agregados para el diseño de un concreto con sus respectivos ensayos se apoya en lo establecido por las normas internacionales ASTM C-127, ASTM C-29, ASTM C-33, ASTM C-40, ASTM C-131, ASTM C-88, ASTM C-295, ASTM C-128, ASTM C-39, ASTM C-136, ASTM C-117.

Por lo anteriormente mencionado y las diversas propiedades observadas en los agregados de concreto, es necesario tomar registro e información de todas las regiones de explotación de materia prima.

1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS, SEGÚN NORMA ASTM C-33

1.1 Agregado Fino

Es el material que pasa el tamiz #4, hasta el tamiz #100. Comúnmente consiste en arena de origen natural; como agregado de canto rodado o de río, roca triturada o bien una combinación de todas.

1.1.1 Granulometría ASTM C-136

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para revenimiento de aproximadamente 7.5 cm para un amplio rango de tamaños de agregado grueso. (Tabla I).

Tabla I Límites de granulometría para el agregado fino según Norma ASTM C 33-01

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
3/8" (9.5mm)	100%
No. 4 (4.75mm)	95% a 100%
No. 8 (2.36mm)	80% a 100%
No. 16 (1.18mm)	50% a 85%
No. 30 (600 µm)	25% a 50%
No. 50 (300 µm)	10% a 30%
No. 100 (150 µm)	2% a 10%

1.1.2 Impurezas orgánicas ASTM C-40

La materia orgánica que se presenta en los agregados, especialmente en los finos consiste en tejidos animales y vegetales que están principalmente formados por carbono, nitrógeno y agua. Este tipo de materia al encontrarse en grandes cantidades afectan en forma nociva las propiedades del concreto, como la resistencia, durabilidad y buen desarrollo del proceso de fraguado. Por esto es muy importante controlar el posible contenido de materia orgánica de una arena ya que ésta es perjudicial para el concreto.

1.1.3 Tamiz 200 ASTM C-117

El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para determinar su calidad. El tamaño mínimo será de 4.8 mm. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado.

1.1.4 Bondad de los agregados por el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio ASTM C-88

Consiste en un número de ciclos de inmersión del agregado en una solución de sulfato, pues la presión interna que se establece con el crecimiento de los cristales de sal en los poros del agregado se asemeja por aquella producida por el congelamiento del agua. Se seca la muestra en el horno y se calcula el porcentaje de pérdida de masa.

1.1.5 Porcentaje de absorción ASTM C-127

La densidad es una propiedad física de los agregados y está definida por la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada, lo que significa que depende directamente de las características del grano de agregado.

Como generalmente las partículas de agregado tienen poros tanto saturables como no saturables, dependiendo de su permeabilidad interna pueden estar vacíos, parcialmente saturados o totalmente llenos de agua se genera una serie de estados de humedad a los que corresponde idéntico número de tipos de densidad, a que más interesa en el campo de la tecnología del concreto y específicamente en el diseño de mezclas es la densidad aparente que se define como la relación que existe entre el peso del material y el volumen que ocupan las partículas de ese material incluidos todos los poros (saturables y no saturables).

1.1.6 Porcentaje de humedad ASTM C-566

Los agregados pueden tener algún grado de humedad lo cual está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros.

1.1.7 Pesos unitarios ASTM C-29

El peso unitario aparente o peso volumétrico es la relación entre peso e un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kg/m^3 . Hay dos valores para esta relación: el peso volumétrico suelto, y el peso volumétrico apisonado. El primero se usa para convertirse de peso a volumen, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de

concreto. El segundo se usa para conocer el volumen de materiales apilados. En ambos casos este peso se obtiene con materiales en estado seco saturado para fines de comparación.

En la obra, debe obtenerse el peso unitario en las condiciones de humedad en que está el material en dicho lugar, haciendo las correcciones del caso, para poder reducir los valores de pesos a volúmenes aparentes en los casos que así se proporcione ingredientes de concreto.

El valor del peso unitario o peso volumétrico suelto se utiliza:

- a) Para el diseño de mezclas de concreto.
- b) Para convertir pesos a volumen y viceversa

El peso volumétrico seco suelto se calcula con la misma fórmula que el agregado grueso.

Para este ensayo se necesita una báscula de 125Kg de capacidad, un cucharón, una pala.

1.1.8 Pesos específicos ASTM C-127

La densidad o masa específica de un cuerpo homogéneo es la masa por unidad de volumen. Si en lugar de tomar la masa de un cuerpo se toma su peso, se tiene lo que se conoce como peso específico.

En el caso de los agregados se ha introducido una modificación a la definición anterior. Esto se debe a que se hace necesario determinar el peso del volumen aparente de estos materiales (el volumen sin descontar los poros y espacios libres) entonces: peso específico aparente relativo es la

relación entre el peso de un volumen aparente de un cuerpo y el peso de otro volumen aparente de otro cuerpo tomado como comparación , a igual intensidad de la gravedad en las mismas condiciones de temperatura y presión .

La gravedad específica cómo se define en la norma ASTM E-12 corresponde al peso específico relativo y para agregados finos se determina por métodos descritos en la norma ASTM C-128 y para agregado grueso ASTM C-127; 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.

El ensayo para el peso específico debe realizarse con 200 gramos de material en condición seco-saturado- La capacidad de la probeta debe ser de 500 mililitros. Se debe realizar tres pruebas con diferentes probetas, para obtener un promedio significativo.

1.1.9 Modulo de finura ASTM C-136

El módulo de finura es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz # 100 en adelante hasta el tamaño máximo presente y dividido en 100 , para este cálculo no se incluyen los tamices de 1" y ½".

1.2 Agregado Grueso

El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en el laboratorio, para certificar su calidad. El tamaño mínimo será de 4.8 mm. El agregado grueso debe ser duro resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales

extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados inmediatamente.

La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños.

Continuando con las especificaciones de la norma, el agregado grueso debe consistir en grava, grava triturada, piedra triturada, escoria de alto horno enfriada al aire, o concreto de cemento hidráulico triturado, o una combinación de ellos.

El concreto de cemento hidráulico ha sido utilizado como agregado de resultados dictaminados satisfactorios, su utilización debe exigir algunas precauciones adicionales. Los requisitos del agua de mezclado pueden ser incrementados debido a la aspereza del agregado. El concreto parcialmente deteriorado, utilizado como agregado puede, reducir la resistencia al congelamiento – descongelamiento, afectar las propiedades de vacíos de aire o degradarse durante la manipulación, mezclado o colocado. El concreto triturado puede tener componentes que sean susceptibles a reactividades álcali-agregado o al ataque de sulfatos en el nuevo concreto o puede traer sulfatos, cloruros, o material orgánico al nuevo concreto en su estructura de poros.

1.2.1 Granulometría ASTM C-136

Los agregados gruesos deben llenar los requerimientos especificados en la norma C-33 para cada número de tamiz, según el tamaño de agregado a utilizar. El tamaño del agregado se encuentra en función de las necesidades específicas para el diseño del concreto.

1.2.2 Bondad de los agregados por el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio ASTM C-88

Consiste que a la muestra, en este caso los agregados, se le someterá a un agente químico (sulfato de sodio), durante cinco ciclos finalmente se pesa el material final, previamente lavado y secado en el horno y se calcula el porcentaje de pérdida de masa para ver si este cumple con las exigencias de la norma, pues la presión interna que se establece con el crecimiento de los cristales de sal en los poros del agregado se asemeja por aquella producida por el congelamiento del agua.

La solución se prepara con 240 gramos de sulfato de sodio en polvo por cada litro de solución, por lo general para una muestra se usa un galón (aproximadamente 4 litros), para realizar cinco ciclos.

1.2.3 Pesos Unitarios ASTM C-29

El peso unitario de un material es el peso de éste con respecto a su volumen. Este término es el usado en las especificaciones de la ASTM. Se aplica a condiciones de trabajo, tomando como volumen unitario el pie cúbico. Al determinar el peso unitario se observa que éste está influenciado por el grado de asentamiento (vacíos) y por el contenido de humedad, por lo que se calcula con el material seco con distintos grados de humedad, asentado o suelto según indicación de la norma ASTM C-29.

El peso unitario aparente o parte volumétrico es la relación entre peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kg/m^3 . Hay dos valores para esta relación: el peso volumétrico suelto, y el peso volumétrico apisonado. El primero se usa para conversiones de peso a volumen, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto. El segundo se usa para conocer el volumen de materiales

apilados. En ambos casos este peso se obtiene con material en estado seco saturado, para fines de comparación.

Para este ensayo se necesita una báscula de 125Kg de capacidad, un cucharon, una pala.

La siguiente muestra la capacidad del medidor y el volumen según el tamaño del agregado.

El volumen del recipiente para realizar el ensayo es de 7 litros.

Tabla II Capacidad del medidor y volumen según el tamaño del agregado

Tamaño Nominal del Agregado		Capacidad del medidor		
Plg	mm	Pie 3	L	M3
½	12,5	1/10	2,8	0,0028
1	25	1/3	2,3	0,093
1 ½	35,5	½	14	0,014
3	75	1	28	0,028
4 ½	112	2 ½	70	0,070
6	150	3 1/2	100	0,100

1.2.4 Pesos específicos ASTM C-128

La densidad o masa específica de un cuerpo homogéneo es la masa por unidad de volumen de ese cuerpo. Si en lugar de tomar la masa de un cuerpo se toma su peso, se tiene lo que se conoce como peso específico.

En el caso de los agregados se ha introducido una modificación a la definición anterior. Esto se debe a que se hace necesario determinar el peso del volumen aparente de estos materiales (el volumen sin descontar los poros y espacios libres) entonces: peso específico aparente relativo es la relación entre el peso de un volumen aparente de un cuerpo y el peso de

otro volumen aparente de otro cuerpo tomado como comparación, a igual intensidad de la gravedad y en las mismas condiciones de temperatura y presión.

La gravedad específica como se define en la norma ASTM E-12 corresponde al peso específico relativo y para agregados finos se determina por métodos descritos en la norma ASTM C-128 y para agregado grueso ASTM C- 127 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.

1.2.5 Porcentaje de absorción ASTM C-128

Un cambio de contenido de humedad del 1 %, si no se compensa puede cambiar el contenido del concreto de 1.5 pulgadas y la resistencia en 300 lb/plg² , es por este motivo que los ensayos de contenido de humedad y de absorción deben hacerse.

Para proporcionar mezclas de concreto todos los cálculos deben basarse en agregados en condiciones seco – saturado.

1.2.6 Porcentaje de humedad ASTM C-566

Los agregados pueden tener algún grado de humedad lo cual está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros.

1.3 Análisis de las propiedades mecánicas del agregado grueso

La resistencia al desgaste y al rayado de un agregado a menudo se emplea como un índice general de su calidad. La prueba más común para determinarlo, es la prueba de la máquina de los ángeles, de acuerdo con la norma ASTM C-131.

1.3.1 Abrasión en la Máquina de los Ángeles ASTM C-131

El agregado grueso que se analiza en este método es menor de 1 ½ pulgadas (37.5 mm), para determinar su resistencia al desgaste y a ser rayados en la máquina de los Ángeles.

Se utiliza material de diferentes graduaciones, para clasificar el tipo de desgaste, el cual se lleva a cabo por fricción entre las esferas de acero por un periodo de tiempo específico y el material debe estar en condición seca – seca; después se determina el porcentaje de desgaste sufrido. El agregado grueso a desgaste no deberá mostrar una pérdida según los medios de extracción y uso que está especificado para las diferentes estructuras. Para carretera menor del 50% en peso o desgaste y para concreto 40%.

1.3.1.1 Equipo y maquinaria

Se usa la Máquina de los Ángeles que satisfaga las características descritas por la norma **ASTM C-131**. La máquina consistirá en un cilindro hueco cerrado en ambos extremos, teniendo un diámetro interno de 28 pulgadas y el largo interior de 20 pulgadas.

El cilindro será montado en ejes, acoplados a los extremos del cilindro pero sin atravesarlo y será montado de manera que pueda girar estando su eje en posición horizontal.

El cilindro será provisto de una abertura para poder introducir la muestra de ensayo. La abertura cerrará de modo que sea a prueba de polvo, lo que se logra con una tapadera que se amolde al cilindro y se atornille al mismo. A lo largo de una línea de la superficie interior del cilindro se colocará una placa o paleta de acero removible, proyectada radialmente hacia el centro del cilindro de 3 ½ pulgadas y extendida a todo lo largo del mismo.

Las cargas abrasivas consistirán en esferas de acero de un diámetro aproximado de 46.8 mm y cada esfera tendrá un peso aproximado de 390 a 445 gramos.

1.3.1.2 Muestra de ensayo

La muestra de ensayo consistirá en agregado que ha sido secado al horno a temperatura 105 C° a 110 C°, hasta obtener peso constante. Si la cantidad de material requerido en cada tamiz no cumple con la granulometría que especifica la tabla en la norma, pero si contiene partículas mayores, es posible triturarlas para completar los pesos.

1.3.1.3 Procedimiento

- a. Se encuentra la granulometría con una cantidad representativa para obtener los porcentajes y cantidades retenidas, para identificar el tipo de abrasión.

- b. De acuerdo a la cantidad de material se clasifica el tipo de desgaste, de acuerdo la siguiente tabla:

Tabla III Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 gramos de muestra

TIPO	TAMICES	PESO RETENIDO (gr)	No. DE ESFERAS	REV	TIEMPO (min)
A	1", 3/4", 1/2", 3/8"	1250 (+/-) 10	12	500	17
B	1/2" y 3/8"	2500 (+/-) 10	11	500	17
C	1/4" y No. 4	2500 (+/-) 10	8	500	17
D	No. 8	5000	6	500	17

- c. La diferencia entre el peso inicial y el peso final de la muestra de ensayo, se expresará en forma de porcentaje del peso inicial de la muestra de ensayo. Este valor será expresado como porcentaje de desgaste.

1.4 Examen petrográfico de agregados, según Norma ASTM C-295

La norma ASTM C-295 se utiliza para la determinación de la presencia de sustancias y minerales que provocan reacciones con la pasta de cemento Portland, a corto, mediano y largo plazo.

Los procedimientos específicos empleados en el examen petrográfico de cualquier muestra, dependerán en gran parte del propósito del examen y la naturaleza de la muestra. En la mayoría de los casos el examen requerirá el uso de microscopía óptica.

La identificación de los minerales contenidos en una muestra es usualmente un paso necesario para poder determinar lo que se puede

esperar acerca de la conducta del material en el uso que se le va a dar, pero la identificación no es el fin en si mismo, ya que el valor de cualquier examen petrográfico dependerá en gran parte de la representatividad de las muestras analizadas.

1.4.1 Importancia y usos de los exámenes petrográficos

Los exámenes petrográficos son hechos con los siguientes propósitos.

- Determinar las características físicas y químicas del material que será observado y determinar el comportamiento del material para el uso que será destinado.
- Describir y clasificar los componentes que tiene la muestra.
- Para comparar muestras de agregados de nuevos bancos con las muestras de agregados de uno o mas bancos y que los datos estén disponibles en archivos.

1.4.2 Toma de muestras

La toma de muestras debe realizarse bajo la supervisión de un geólogo que tenga el conocimiento con los requisitos necesarios, debiendo considerarse la localización exacta de donde fue tomada la muestra la geología del sitio y deben recolectarse otros datos pertinentes con la muestra.

Cuando se cuenta con material apilado y en disposición, la muestra representativa no debe tomarse por menos de 45 kilogramos (100 libras) o bien 300 piezas o segmentos de cualquier tamaño, de cualquier material a examinar. Debe efectuarse una selección de los apilamientos existentes y de

esta forma tomar las muestras mas representativas y con las características del agregado mas grande.

Tabla IV CANTIDADES de material de muestreo para el análisis petrográfico

ABERTURA DE TAMIZ	CANTIDAD		
	Kg	lb	Piezas
Mayores de 150 mm (6")	--	--	--
75 a 150 mm (3" a 6")	--	--	--
37.5 a 75 mm (1 ½" a 3")	180	400	300
19 a 37.5 mm (¾" a ½")	90	200	--
4.75 a 19 mm (No.4 a ¾")	45	100	--
Menores de 4.75 mm (No. 4)**	23	50	--

* **No menos de una pieza de cada tipo aparente de roca.**

** **Agregado fino**

1.4.3 Arena, grava natural, roca triturada y roca anaquel

Las muestras de grava y arena natural para el examen petrográfico deben encontrarse secas, para proporcionar muestras de acuerdo con el tamaño del tamiz.

Cada fragmento del material que es retenido por el tamiz debe ser examinado de forma separada, iniciando por el material retenido en el tamiz de la medida mas grande que se tenga disponible, así se hace más fácil el reconocimiento de rocas de gran tamaño.

El número de partículas a tomar de cada uno de los tamices para ser examinado será determinado por la precisión que se tenga para obtener los resultados de la muestra menos abundante.

Los valores que sugiere este método son mínimos, ellos están basados en la experiencia y en consideraciones estadísticas.

1.4.4 Examen de grava, arena natural, roca triturada y roca expuesta o anaquel

El procedimiento para arena y grava natural es similar, haciendo la diferencia solamente el tamaño de las partículas. Este examen es igual para roca triturada, haciendo énfasis en la calidad del agregado de fractura. Para la roca anaquel o expuesta el procedimiento del estudio en forma individual, es deseable que se examine la muestra completa, ya que se determina de esta forma la variedad relativa de las partículas presentes en la muestra. El procedimiento del análisis de la roca expuesta debe ser similar al de las muestras anteriores.

1.4.4.1 Clasificación de grava, arena natural, roca triturada y roca anaquel

Los fragmentos de roca deben ser clasificados por medio del método visual, esto puede realizarse si existen uno o más grupos de fragmentos que sean fácilmente identificables y separados de forma manual, 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.

En las rocas de grano fino es necesario realizar el examen por medio de microscopio estereoscópico para verificar la existencia de sustancias dañinas para el concreto. La cantidad en una muestra será determinada por la cantidad de este material que se necesite para un trabajo determinado.

1.4.4.2 Condiciones de la muestras

Deben examinarse las muestras por grupos separados según el tipo de grano, es necesario notar si existe un grupo de partículas de forma reconocible en condición agrupada, 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.

Las categorías por las cuales se clasifican son:

- Erosionado y denso.
- Moderadamente erosionado

O bien pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Denso
- Poroso (poroso deleznable)

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 pueden ser suficientes. Cuando existe un componente importante en grandes cantidades, a veces puede requerir una separación en cuatro grupos según su condición.

1.4.5 Registros

Cuando se haya concluido con el examen o bien se haya completado, las notas deben contener la información suficiente para realizar las tablas correspondientes y su descripción. Las tablas deben mostrar la condición y composición de las muestras separadas por tamices, el peso de la muestra y granulometría de la muestra en el momento de haber sido recibida.

1.4.6 Informes y cálculos

El informe del examen petrográfico debe exponer de forma resumida los datos esenciales para identificar la muestra, indicando la fuente, propósito, uso e incluyendo una descripción de las propiedades de los elementos que componen la muestra, según el examen realizado. El informe debe incluir los procedimientos empleados en la prueba y una descripción de la naturaleza y los componentes de la muestra, acompañado por tablas y fotografías.

Deben darse a conocer los hallazgos y las posibles conclusiones, en términos que puedan ser comprensibles para las personas que tomen la decisión de la conveniencia del material para ser usado como agregado en el concreto.

Cuando en una muestra no se tiene certeza de los elementos que podrían causar daño al concreto, debe hacerse saber el tipo de características de forma cualitativa y su posible magnitud de forma cuantitativa. Debe hacerse la mención de todos los elementos que se consideren desfavorables para el concreto. También debe mencionarse si la muestra fue tomada en condiciones desfavorables.

1.5 Reactividad Potencial de los agregados ASTM C-289 aplicación y uso

Este ensayo describe un método para determinar la reactividad potencial de un agregado con álcalis, es 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 ha sido triturado y cernido de forma que pase por un tamiz No. 50 y que quede retenido en un tamiz No. 100.

Reacciones entre una solución de hidróxido de sodio y agregado silícico han demostrado correlación con el desempeño del agregado en estructuras de concreto, por lo que debe ser usado cuando nuevas fuentes de agregados están siendo evaluadas.

1.5.1 Selección y preparación de la muestra

Este ensayo es aplicable tanto a agregados finos como gruesos; cuando los agregados finos y gruesos provengan del mismo banco, puede aplicarse para el agregado total.

La muestra de ensayo debe ser preparada en una porción representativa del agregado triturándolo hasta que pase el tamiz No. 50, de acuerdo al siguiente procedimiento: reducir el agregado grueso triturándolo hasta que pase por el tamiz de 4.75 mm (No. 4). Tamizar el agregado grueso triturado al igual que la arena hasta obtener partículas de 150 μm . Descartar el material que pase por el tamiz de 150 μm . Reducir el material retenido en el tamiz 300 μm pasándolo repetidamente por el disco pulverizador, tamizando después de cada pulverizado. El material debe ser reducido de tamaño hasta que pase por el tamiz de 300 μm . Debe evitarse tanto como sea posible la proporción de finos que pasan el tamiz No. 100. Reservar la porción retenida en el tamiz de 150 μm como muestra para el ensayo.

1.5.2 Procedimiento

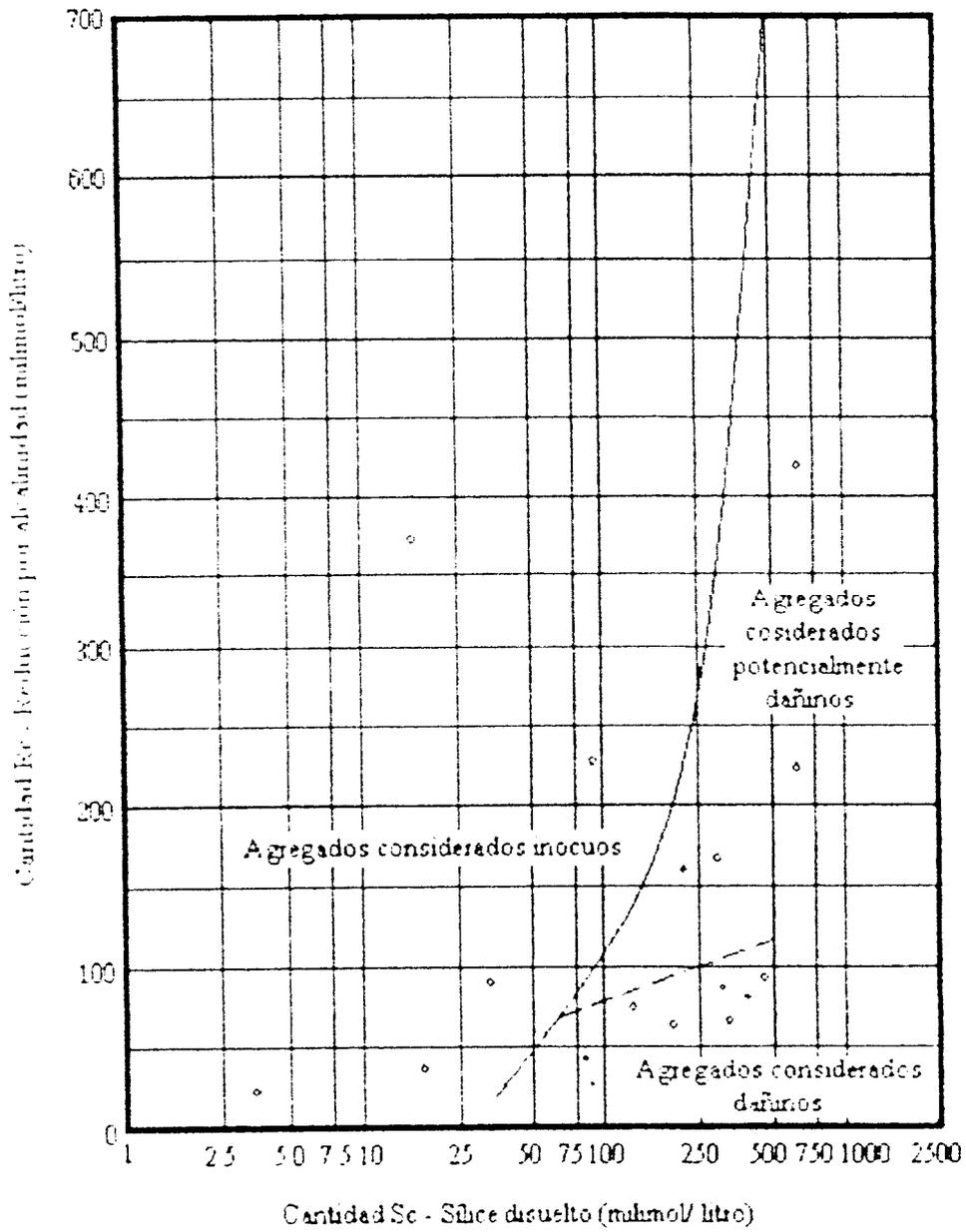
Pesar tres porciones representativas de 25.00 ± 0.05 gr de la muestra seca comprendida entre los tamices No. 50 y No. 100. Colocar cada porción en uno de los tres recipientes y agregar por medio de una pipeta 25 cm^3 de

la solución de NaOH 1.000 N. En un cuarto recipiente, utilizando una pipeta agregar 25 cm³ de la misma solución NaOH para usarla como solución blanca. Sellar los cuatro envases después de agitarlos suavemente para liberar el aire atrapado.

Inmediatamente después de haber sellado los envases, se colocan en un baño líquido, o de aire mantenido a $80 \pm 1.0^\circ$ C. Después de $24 \pm \frac{1}{4}$ de hora se sacan los envases del baño y se enfrían bajo una corriente de agua por 15 ± 2 minutos hasta menos de 30° C. Inmediatamente después de haberse enfriado los recipientes, se filtra la solución del residuo del agregado.

Seguidamente al completar la filtración, se agita el filtrado para asegurar homogeneidad y luego se toma una alícuota de 10 cm³ del filtrado y se diluye con agua hasta 200 cm³ en frasco volumétrico. Se conserva esta solución diluida para la determinación de la sílice disuelta y la reducción en alcalinidad, con las fórmulas y procedimientos dados por la norma.

Figura 1 División entre agregados inocuos y dañinos



1.5.3 Componentes del cemento Pórtland

En la tabla siguiente se identifican los componentes principales del cemento Pórtland que comúnmente es utilizado para la elaboración de concreto.

Tabla V Composición y constitución del cemento Pórtland

Componente	Forma química	Composición (%)
Sílice	SiO ₂	14 - 22
Alumina	Al ₂ O ₃	4 - 7
Óxido de hierro	Fe ₂ O ₃	2 - 4
Cal	CaO	62 - 65
Sulfato	SO ₃	1.5 - 2
Magnesio	MgO	1 - 4
Óxidos alcalinos	Na ₂ O + K ₂ O	0.3 - 1

2. PRINCIPALES NORMAS RELACIONADAS Y SU FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN

2.1 Método de la barra de mortero para determinar la reactividad potencial de los álcalis en combinaciones cemento – agregado ASTM C-277

Este método de ensayo sirve para determinar la expansión potencial debida a la reactividad de los álcalis en las combinaciones de cemento y agregados, midiendo la expansión desarrollada por las combinaciones en barras de mortero, durante el almacenaje bajo condiciones prescritas por el ensayo.

Se reconocen dos tipos de reactividad de los álcalis con los agregados, la primera es la reacción álcali-sílice, que involucra ciertas rocas silíceas, minerales y vidrio natural o artificial y la segunda es la reacción álcali – carbonato que involucra dolomita, calcita y calizas dolomíticas. Este método no se recomienda cuando se trata de álcali-carbonato, debido a que la expansión en esta reacción es mucho mas pequeña que la producida por el álcali-sílice teniendo a largo plazo los mismos efectos perjudiciales.

2.2 Bondad de los agregados por el uso de sulfatos de sodio ASTM C-88

Además de las normas incluidas en la especificación ASTM C-33 y las normas ASTM C-40, C-295, C-289 y C-131, Se consideran para el objeto de

este trabajo como normas complementarias en algunos casos como sustitutas de las aplicadas, las que se describen a continuación.

El método del uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio cubre el proceso a seguir en el ensayo de agregados para determinar su resistencia a la desintegración cuando están sujetos a la acción del clima en el concreto u otras aplicaciones. Esto se logra sumergiendo la muestra en soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, seguido de un secado al horno para secar total o parcialmente la sal en los espacios permeables de los poros. Proporciona una información valiosa para juzgar la bondad de los agregados sujetos a la acción de la intemperie.

Ese método provee un procedimiento para hacer una estimación preliminar de la calidad de los agregados. Los valores obtenidos pueden ser comparados en la especificación de la norma ASTM C-33, que fue diseñada para indicar las características apropiadas que deben tener los agregados. La precisión de este método es baja por lo que no es adecuado rechazar agregados sin una confirmación de otras pruebas relacionadas.

2.3 Reactividad potencial de los álcalis en rocas carbonáticas ASTM C-586

Este método de prueba cubre la determinación de las características expansivas de las rocas carbonáticas mientras están sumergidas en una solución de hidróxido de sodio (NaOH) a temperatura controlada. Los cambios de longitud observables que ocurren durante tal inmersión indican el nivel general de reactividad de las rocas. Este método es necesario para que la especificación complemente información de registros de agregados, de exámenes petrográficos y otras pruebas.

2.4 Cambio potencial de volumen en combinaciones de cemento – agregado

Esta prueba determina la expansión potencial de combinaciones cemento-agregados, midiendo la expansión lineal desarrollada en barras de mortero sujetas a variaciones de temperatura y saturación de agua, bajo condiciones prescritas por el método.

Se ha encontrado que este método de prueba en algunos casos produce expansiones significativas cuando el cemento tienen pequeñas cantidades de álcalis y en otros casos donde el agregado no es presuntamente reactivo a los álcalis. Ha sido sugerido que éste método mide fenómenos de interacción posiblemente efectos de microfracturamiento que son en algunos casos de origen físico y en otras quizá químico.

2.5 Factibilidad de aplicación de las normas ASTM C-88, C-277, C-586 y C-342

Sulfato de sodio o sulfato de magnesio ASTM C-88

La factibilidad de aplicación de esta prueba brinda resultados rápidos y la norma indica que solamente son preliminares, por lo que se debe ser comparado con la especificación de la norma ASTM C-33, ya que la norma C-88 no es por si misma lo suficientemente fiable como para calificar determinado agregado, además debe tenerse cuidado para fijar los límites de los resultados de esta norma en cualquier especificación

Reactividad potencial de los álcalis en rocas carbonáticas ASTM C-586.

La factibilidad de aplicación de este método es que debido a que la ASTM C-127 no es apropiada para rocas carbonáticas, debe utilizarse esta norma para evaluar los cambios de volumen en rocas de este tipo, teniendo el inconveniente que nuevamente la norma recurre a recomendar el análisis petrográfico para un análisis más amplio.

Cambio Potencial de volumen en combinaciones de cemento-agregados ASTM C-342

Tal y como lo dice esta norma, muchas veces agregados aparentemente inocuos sufren cambios de volumen que no tienen que ver necesariamente con las propiedades químicas, sino mas bien con relación e interpretación de las propiedades físicas como la temperatura y saturación de agua.

Esta norma puede involucrar materiales peligrosos, operaciones y equipo. Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS

3.1 Descripción y localización de los bancos seleccionados

Para determinar las características de agregados para el concreto se eligieron dos bancos, de los cuales se extrae agregado fino y grueso, estos se encuentran en el río Samalá Retalhuleu y San Miguel Panán Suchitepequez.

Los bancos a caracterizar se eligieron debido a su importancia en lo que se refiere a su ubicación geográfica y volumen de extracción, además porque no se tiene conocimiento de la caracterización de estos bancos referido a los ensayos de laboratorio.

Debido a las condiciones geológicas del lugar, la extracción del material es bastante accesible y las personas que habitan en esta área se dedican principalmente a la extracción artesanal de material de construcción, allí mismo trabajan la granulometría del material para luego ser llevado a la obra en construcción por ser un trabajo artesanal su calidad en granulometría no es uniforme.

Figura 2. Fotografía del lugar de extracción de agregado fino y grueso, río Samalá Retalhuleu



Figura 3. Fotografía del lugar apilamiento de agregados fino y grueso, río Samalá Retalhuleu



Figura 4. Fotografía del lugar apilamiento de agregados fino y grueso, San Miguel Panán



3.2 Localización y aspectos geológicos de las zonas

Los agregados en estudio se encuentran en dos bancos diferentes, el primero de ellos está localizado en el Km. 170 carretera al pacífico CA-02 y San Miguel Panán en el Km. 158 carretera al pacífico en el departamento de Suchitepequez.

Figura 5. Localización de los bancos de agregados en estudio río Samalá



Figura 6. Localización de los bancos de agregados en estudio San Miguel Panán



4. MARCO EXPERIMENTAL

Se obtuvieron dos muestras de cada banco de agregados directamente del lugar de extracción.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de concreto del Centro de Investigaciones de Ingeniería donde se practicaron los ensayos de agregados con base a la norma ASTM, para conocer sus distintas propiedades. Para analizar las propiedades físicas se practicaron las siguientes pruebas, granulometría, pesos específicos, peso unitario suelto, porcentaje de vacíos, porcentaje de absorción según la norma ASTM C-33. También se analizaron las propiedades mecánicas del agregado grueso utilizando la prueba de desgaste por abrasión e impacto en la Máquina de los Ángeles, especificada por la norma ASTM C-131

Para conocer las propiedades químicas de estos agregados, se aplicó el ensayo de reactividad potencial según la norma ASTM C-289 en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, además se realizó el examen petrográfico según la norma ASTM C-295 dicho ensayo se realizó en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la Facultad de Ingeniería.

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

4.1 Tabulación, análisis e interpretación de resultados

En esta parte se muestran los resultados de los ensayos, pruebas de laboratorio y análisis respectivos en base a la teoría presentada.

4.2 Resultados según la norma ASTM C-131 Abrasión en la Máquina de los Ángeles

Se tamizan las cantidades representativas de los agregados gruesos de cada banco y según los pesos de 1,500 gramos cada muestra en los tamices 1", 3/4", 1/2", y 3/8".

Tabla VI Ensayo de desgaste por abrasión en Máquina de los Ángeles

REFERENCIAS	MUESTRAS (1)	MUESTRAS (2)
Norma de Ensayo	ASTM C-131	ASTM C-131
Graduación	"B"	"B"
% de Desgaste	50,22%	24,70%

Procedencia Muestra (1): Banco Río Samalá

Procedencia Muestra (2): Banco Río San Miguel Panán

Al realizar los ensayos en la máquina de los Ángeles se obtuvo como resultado de la muestra (1) como un 50,22%, la norma establece que debe encontrarse entre 30% y 40% para concreto y para carreteras hasta un 50% por lo tanto este agregado no cumple con lo especificado por la norma, pues no cuenta con la dureza y tenacidad apta para un concreto estructural.

El desgaste de la muestra (2) es de 24,70%, el desgaste de este agregado si cumple con lo que establece la norma, por lo tanto este agregado se puede utilizar para cualquier obra civil.

4.3. Resultados según la norma ASTM C-33 Granulometría

4.3.1 Agregado Fino

Se realizó la prueba básica de agregados según la especificación ASTM C-33, siendo estas: granulometría, absorción y contenido de humedad, peso específico y peso unitario; a las muestras de agregados en estudio.

Tabla VII Granulometría agregado fino río Samalá

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8" (9.5mm)	100%
No. 4 (4.75mm)	99,34%
No. 8 (2.36mm)	97,72%
No. 16 (1.18mm)	89,48%
No. 30 (600 µm)	67,36%
No. 50 (300 µm)	35,27%
No. 100 (150 µm)	10,60%

Figura 7 Curva granulométrica del agregado fino río Samalá

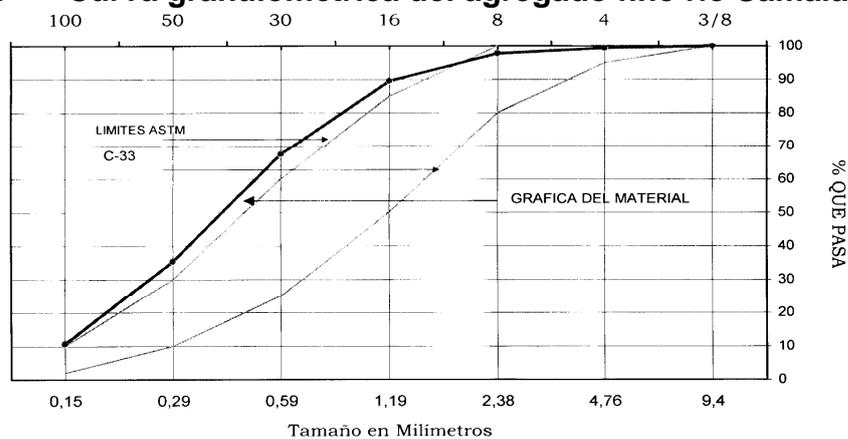


Tabla VIII Características físicas del agregado fino río Samalá

Peso específico	2,61
Peso unitario (Kg/m3)	1681,5
Peso unitario suelto (Kg/m3)	1587,41
Porcentaje de vacios	35,6
Porcentaje de absorción	1,32
Contenido de materia orgánica	0
% Retenido tamiz 6,35	1,85
% porcentaje que pasa tamiz 200	1,64
Módulo de finura	2

Tabla IX Granulometría agregado fino San Miguel Panán

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8" (9.5mm)	100%
No. 4 (4.75mm)	99,36%
No. 8 (2.36mm)	97,36%
No. 16 (1.18mm)	87,86%
No. 30 (600 μm)	61,76%
No. 50 (300 μm)	30,42%
No. 100 (150 μm)	9,16%

Figura 8 Curva granulométrica del agregado fino San Miguel Panán

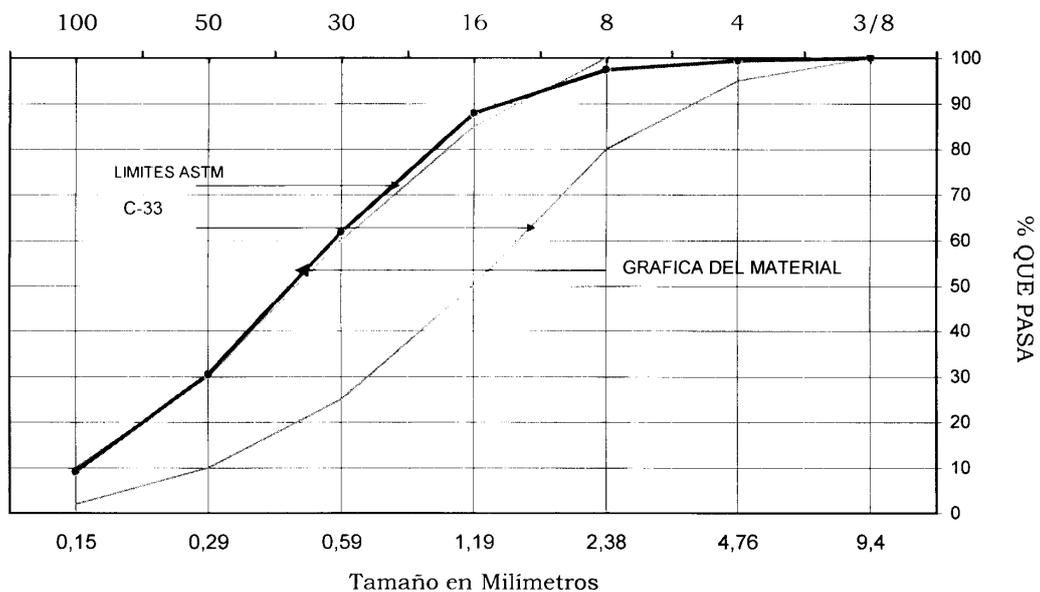


Tabla X Características físicas del agregado fino San Miguel Panán

Peso específico	2,63
Peso unitario (Kg/m³)	1491,56
Peso unitario suelto (Kg/m³)	1296,34
Porcentaje de vacios	43,22
Porcentaje de aborción	0,97
Contenido de materia orgánica	1
% Retenido tamiz 6,35	0,93
% porcentaje que pasa tamiz 200	2,56
Módulo de finura	2,14

Las normas ASTM especifican los límites para cada uno de los análisis realizados a los dos diferentes agregados.

- La norma ASTM C-117 para agregado fino y grueso especifica que el porcentaje que debe pasar por el tamiz 200 no puede ser mayor al 7%. En el análisis realizado al agregado del río Samalá es equivalente a 1,64%, y el análisis realizado al agregado del río San Miguel Panán es equivalente a 2,56%.
- El módulo de finura que es especificado por la norma ASTM C-136 indica que debe encontrarse entre 2,3 y 3,1. En los ensayos realizados a los diferentes bancos se obtuvo un módulo de finura para el agregado del río Samalá de 2 y para el río de San Miguel Panán de 2,14. Se puede observar que los dos resultados esta dentro de las especificaciones que el código exige.
- Según la norma ASTM C 128 para agregado fino natural se encuentra entre 2,4 y 2,9. Los agregados del río Samalá dio como resultado 2,61 y la de San Miguel Panán 2,63, ambas están dentro del límite establecido por la norma.
- El porcentaje de vacios basado en la norma ASTM C-29 detalla que para el agregado fino el porcentaje se encuentra aproximadamente

entre 40% y 50%, los agregados analizados se encuentran dentro del porcentaje establecido en la especificación de la norma.

- 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 que existe 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.
- En las gráficas de granulometría de agregado fino de ambas muestras se observa que no cumplen con la especificación según la norma ASTM C 136. Las gráficas de los materiales se encuentran fuera de los límites ASTM C-33.

El porcentaje de absorción es una característica física propia de cada material que sirven para elaborar la mezcla de concreto, pudiendo observar que este agregado cumple la mayor parte de las especificaciones estándar que da la norma ASTM C-33, por lo tanto se puede decir en base a los análisis que los materiales son aptos para la elaboración de concreto.

4.3.2 Agregado Grueso

Se realizaron las pruebas básicas de agregados según la especificación ASTM C-33 a la muestra de agregado grueso.

Tabla XI Granulometría del agregado grueso río Samalá

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
1 1/2"	100
1"	98,7
3/4"	61,02
1/2"	16,15
3/8"	7
No. 4	2,65

Figura 9 Curva granulométrica del agregado grueso río Samalá

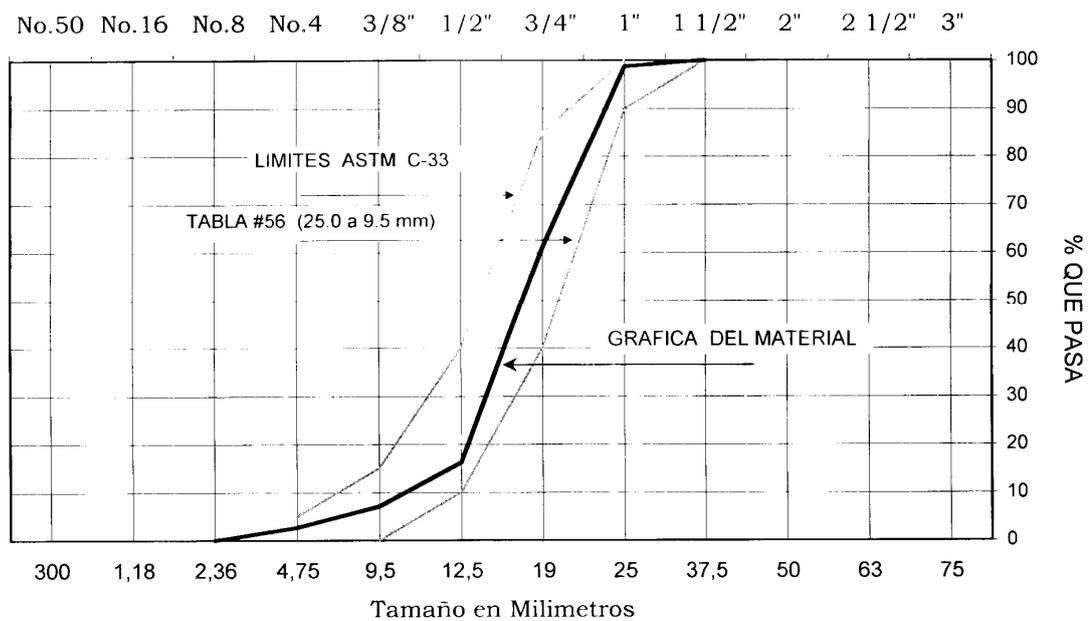


Tabla XII Características físicas del agregado grueso río Samalá

Peso específico	2,59
Peso unitario (Kg/m3)	1453,14
Peso unitario suelto (Kg/m3)	1291,36
Porcentaje de vacíos	43,93
Porcentaje de absorción	2,23
% tamiz 200	0

Tabla XIII Granulometría del agregado grueso San Miguel Panán

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
1 1/2"	100
1"	99,67
3/4"	90,14
1/2"	33,13
3/8"	12,24
No. 4	0,95

Figura 10 Curva granulométrica del agregado grueso San Miguel Panán

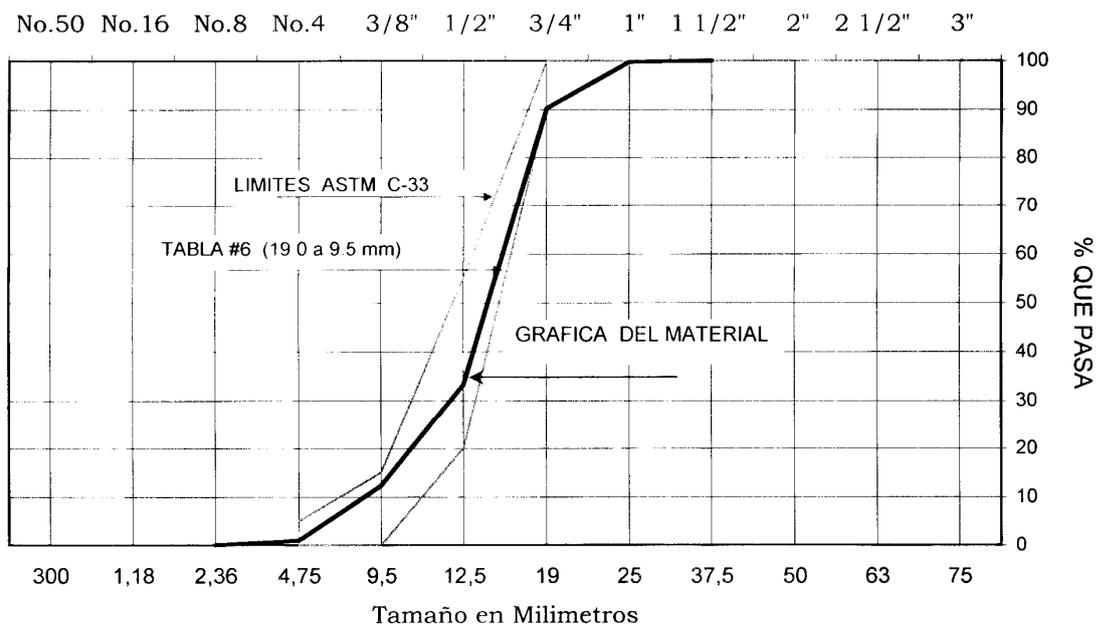


Tabla XIV Características físicas del agregado grueso San Miguel Panán

Peso específico	2,61
Peso unitario (Kg/m³)	1540
Peso unitario suelto (Kg/m³)	1342,52
Porcentaje de vacíos	40,94
Porcentaje de absorción	1,97
% tamiz 200	0

Según los límites que establece la especificación de la norma ASTM C- 33 para el agregado grueso se puede observar los siguiente resultados:

- El peso específico para los agregados gruesos según la norma ASTM C-127 nos indica que los agregados naturales se encuentran entre 2,4 y 2,9 para los agregados analizados, se obtuvo los resultados de 2,59 para la muestra del río Samalá y 2,61 para la muestra del río de San Miguel Panán se obtuvo que el peso específico es 2,61 esto quiere decir que están dentro del rango permisible.
- La norma ASTM C-29 que se refiere al porcentaje de vacios especifica que el agregado grueso debe encontrarse aproximadamente entre un 30% y un 45%. Los porcentajes que se obtuvieron para la muestra del río Samalá es 43,93%, y para la muestra del río San Miguel Panán se obtuvo 40,94%, encontrándose ambas muestras dentro del porcentaje permisible.
- Debido a que en Guatemala no existe una norma que especifique un rango permisible, este oscila entre 1,400Kg/m³ para un agregado liviano y 2,000Kg/m³ para un agregado normal. Para los agregados analizados se obtuvo 1543,14kg/m³ para la muestra del río Samalá y 1540 Kg/m³ para la muestra del río San Miguel Panán.

4.4 Resultados según la norma ASTM C-88, uso de sulfato de sodio

Se realizaron las pruebas según especificaciones requeridas por la norma ASTM C-88, sometiendo a las muestras a circunstancias extremas con el uso de sulfato de sodio.

4.5 Resultado según norma ASTM C- 289

Se realizó el ensayo de reactividad potencial a dos muestras para agregado grueso y dos muestras para agregado fino, determinando la capacidad reactiva potencial de incremento de volumen a mediano y largo plazo de sus componentes silíceos con los álcalis (Na_2O y K_2O) del cemento Pórtland.

Los resultados para los agregados finos de ambos bancos dieron como resultado; materiales *inocuos*, lo cual indica que los materiales silíceos que posee esta roca no producirán reacciones dañinas con los álcalis del cemento Pórtland.

Los resultados para los agregados gruesos de ambos bancos dieron como resultado materiales *inocuos*, lo cual también nos indica que los minerales silíceos que posee esta roca no producirán reacciones dañinas con los álcalis del cemento Pórtland.

La tabla a continuación describe los resultados.

Tabla XV **Determinación de la reactividad potencial de agregados según la norma ASTM C-289**

Muestra	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	Resultado
Banco río Samalá (Agregado Grueso)	571.55 ± 0,502	5.55 ± 0.001	INOCUO
Banco río San Miguel Panán (Agregado Grueso)	727.20 ± 0,020	3.33 ± 0.0	INOCUO
Banco río Samalá (Agregado Fino)	674.02 ± 0.773	6.66 ± 0.001	INOCUO
Banco río San Miguel Panán (Agregado fino)	564.67 ± 1.347	3.33 ± 0.0	INOCUO

Figura 11 Ilustración de la división entre agregados inocuos y nocivos en base a la prueba de reducción en alcalinidad



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

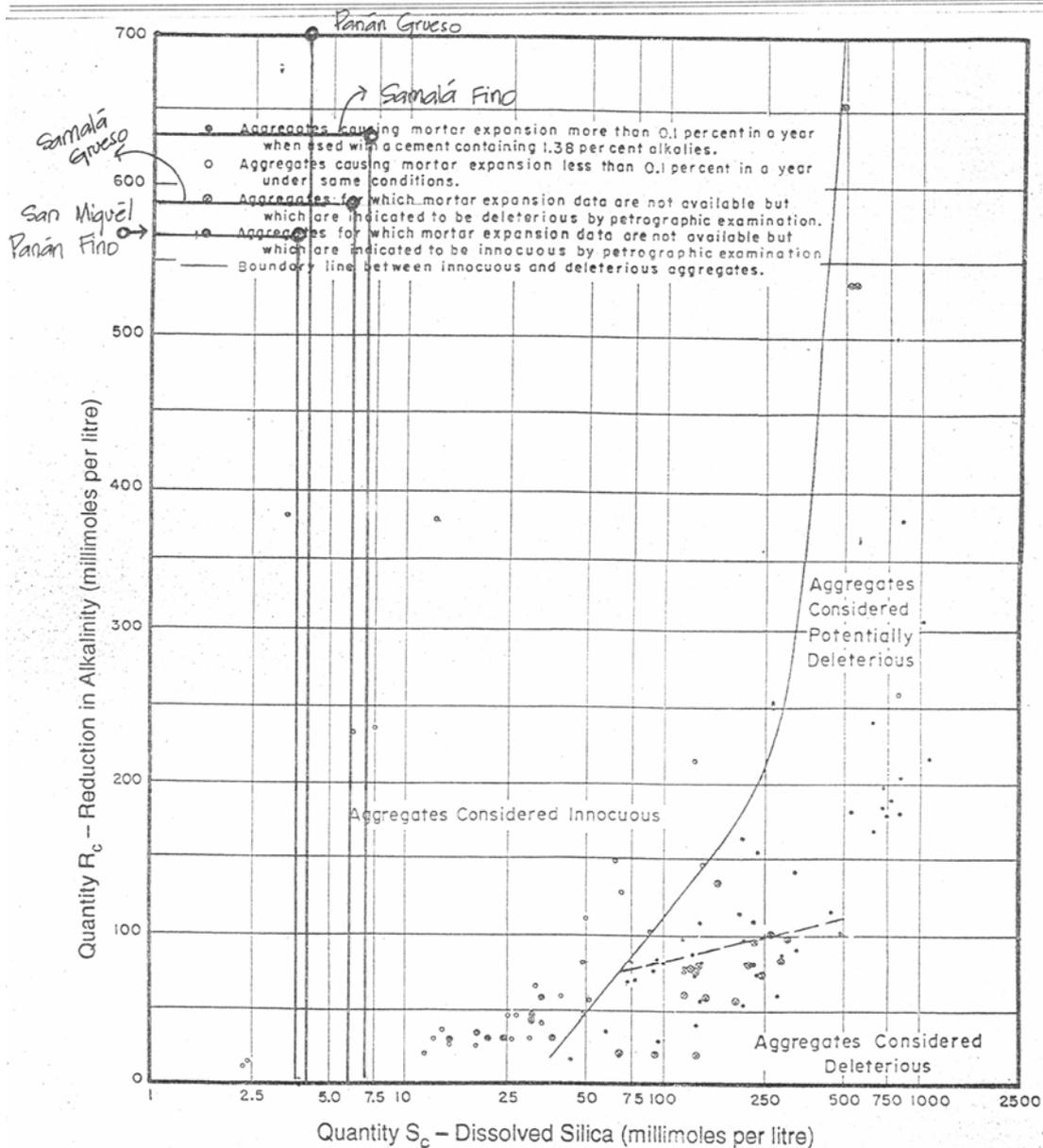


FIG. X1.1 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

4.6 Resultado según norma ASTM C-295

El análisis petrográfico se realizó haciendo uso del microscopio esteroscópico en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas. En dicho lugar se efectuaron los ensayos respectivos de los agregados finos y gruesos de los dos bancos.

4.6.1 Agregado fino

Después de realizar el ensayo de granulometría, se tomó una muestra significativa de cada material retenido en cada tamiz. Se realizaron los cuarteos y se contó como mínimo 150 partículas por cada tamiz, se clasificó el tipo de partículas y minerales que contenía cada malla.

Tabla XVI **Conteo del tipo de partícula, banco río Samalá**

Tipo de mineral	Número de partículas por tamiz						
	No. 4	No.8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	Fondo
Andesita	1	30	24	20	39	50	45
Basalto	5	57	61	31	44	31	29
Dacita	3	37	39	47	27	26	31
Brecha volcánica	2	21	17	35	18	20	17
Cuarzo	0	1	9	3	20	22	26
Melititias	3	0	0	7	0	0	0
Anglesita	0	0	0	0	0	0	0
Pómez	0	4	0	7	2	1	2
Totales	14	150	150	150	150	150	150

Tabla XVII Porcentaje de partículas banco río Samalá

Tipo de mineral	Porcentaje de partículas por tamiz						
	No. 4	No.8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	Fondo
Andesita	7,14	20	16	13,33	26	33,33	30
Basalto	35,71	38	40,67	20,67	29,33	20,67	19,33
Dacita	21,43	24,67	26	31,33	18	17,33	20,67
Brecha volcánica	14,29	14	11,33	23,33	12	13,33	11,33
Cuarzo	0	0,67	6	2	13,33	14,67	17,37
Melititias	21,43	0	0	4,67	0	0	0
Anglesita	0	0	0	0	0	0	0
Pómez	0	2,67	0	4,67	1,34	0,67	1,33
Totales (%)	100	100	100	100	100	100	100

Figura 12 Distribución de las diferentes tipos de partículas del río Samalá

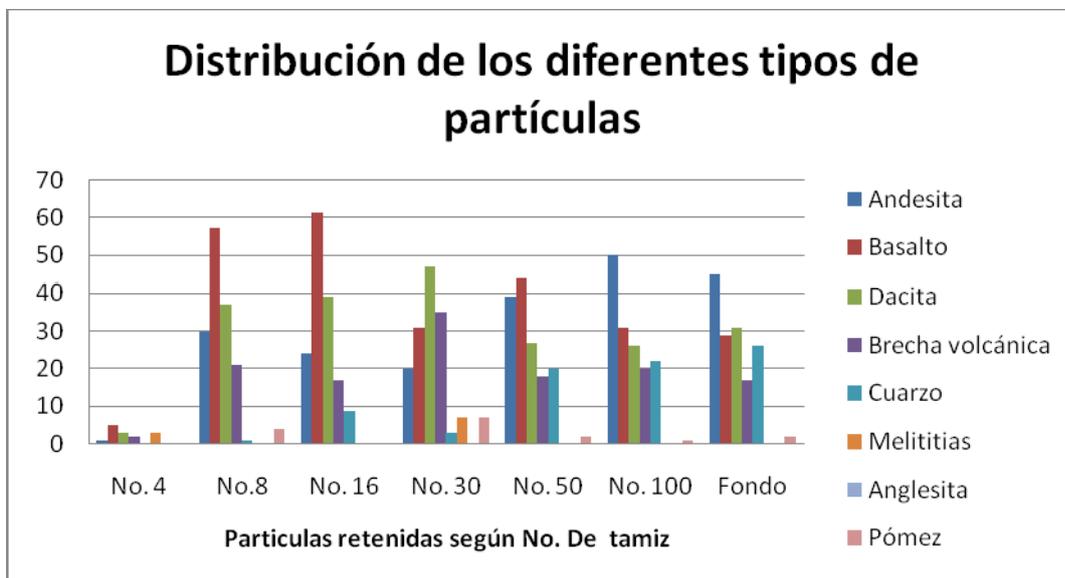


Figura 13 Porcentaje promedio de partículas río Samalá

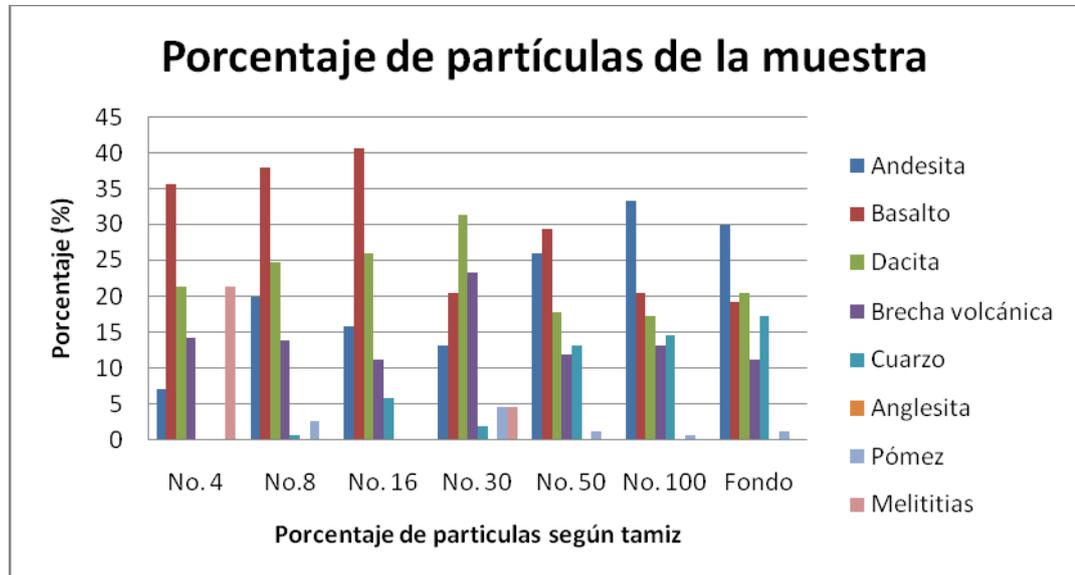


Tabla XVIII Conteo del tipo de partículas, banco San Miguel Panán

Tipo de mineral	Número de partículas por tamiz						
	No. 4	No.8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	Fondo
Andesita	5	65	71	42	37	57	42
Basalto	7	85	31	86	47	32	40
Dacita	0	0	5	0	24	7	9
Brecha volcánica	0	0	43	0	12	31	22
Cuarzo	0	0	0	19	30	23	37
Anglesita	0	0	0	1	0	0	0
Pómez	0	0	0	2	0	0	0
Totales	12	150	150	150	150	150	150

Tabla XIX Porcentaje de partículas banco San Miguel Panán

Tipo de mineral	Número de partículas por tamiz						
	No. 4	No.8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	Fondo
Andesita	41,67	43,33	47,33	28	24,67	38	28
Basalto	58,33	56,67	20,67	57,33	31,33	21,33	26,67
Dacita	0	0	3,33	0	16	4,67	6
Brecha volcánica	0	0	28,67	0	8	20,67	14,67
Cuarzo	0	0	0	12,67	20	15,33	24,67
Anglesita	0	0	0	0,67	0	0	0
Pómez	0	0	0	1,33	0	0	0
Totales (%)	100	100	100	100	100	100	100

Figura 14 Distribución de las diferentes tipos de partículas banco San Miguel Panán

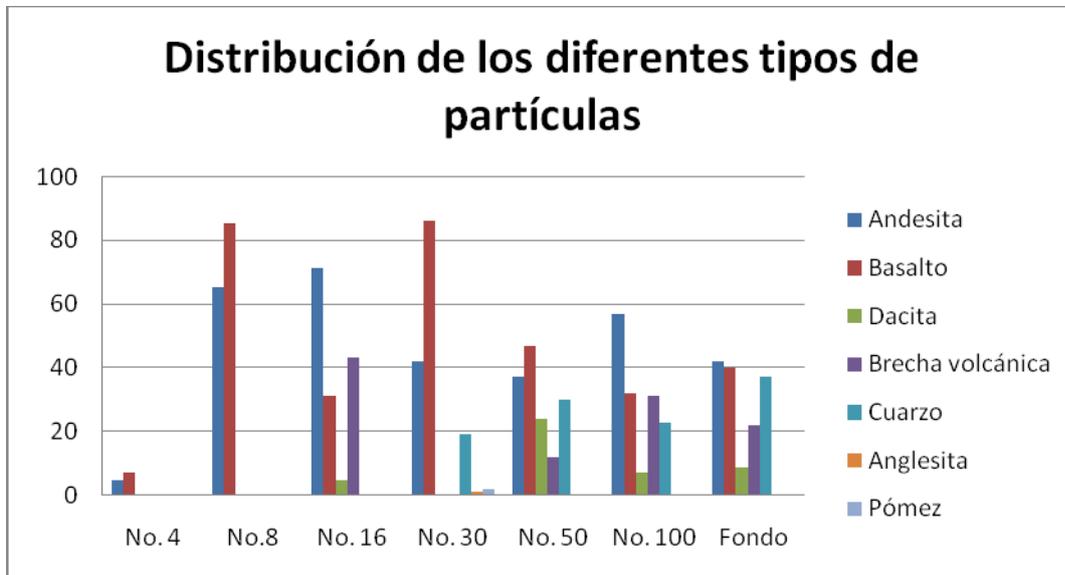
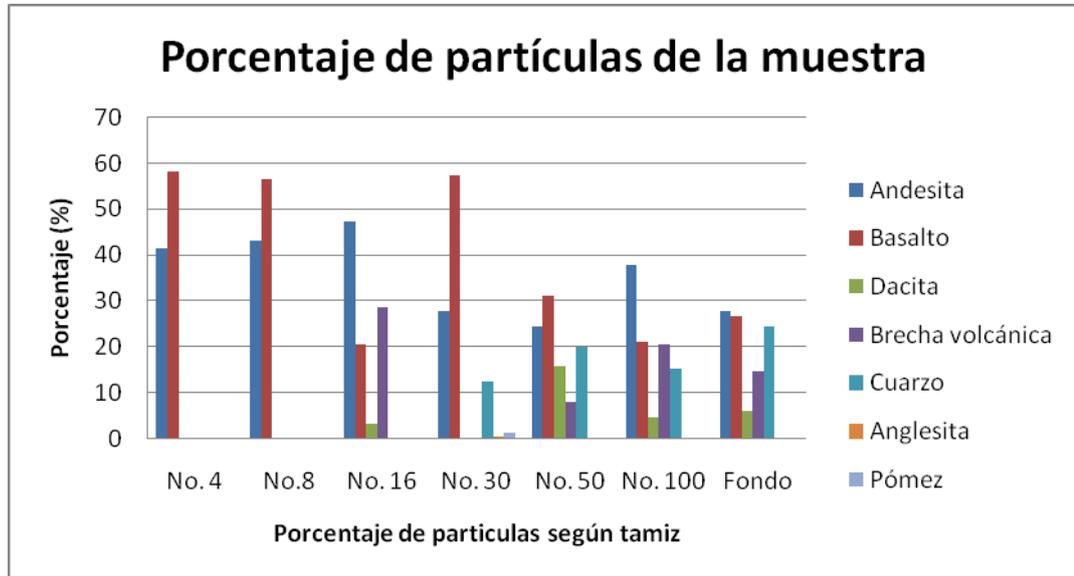


Figura 15 Porcentaje promedio de partículas banco San Miguel Panán



Los resultados expresados en las tablas XVIII, XIX, XX, XXI nos muestra los contenidos de cada tamiz y para tener una mejor interpretación de este análisis se elaboran los gráficos en las figuras 10, 11, 12,13. En las graficas 10 y 12 se presenta el contenido total por tamiz y en las graficas 11 y 13, se presentan los porcentajes del contenido total por tamiz según cada banco, conformándose por las siguientes rocas y minerales:

- **Andesita:** Roca volcánica oscura, de grano fino; es el equivalente extrusivo de la diorita.
- **Basalto:** El basalto es una roca ígnea de grano fino y composición máfica, es decir, con un alto contenido de hierro. Se compone mayormente de piroxeno yolivino, conteniendo cantidades menores de feldespatos y cuarzo.

- **Dacita:** La dacita es una roca volcánica ígnea con alto contenido de hierro. Su composición se encuentra entre las composiciones de la andesita y la de la riolita y, al igual que la andesita
- **Cuarzo:** El cuarzo es un mineral compuesto de dióxido de silicio (SiO₂) (también llamado sílice). No es susceptible de exfoliación, porque cristaliza en el sistema trigonal (romboédrico). Incoloro en estado puro, puede adoptar numerosas tonalidades si lleva impurezas (alocromático). Su dureza es tal que puede rayar los aceros comunes.
- **Pomez:** La pumita (también llamada piedra pómez o piedra pómex) es una roca magmática volcánica vítrea, con baja densidad (flota en el agua) y muy porosa, de color blanco o gris.

4.6.2 Agregado grueso

El examen petrográfico del agregado grueso para concreto se realizó en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –CESEM-. Se efectuó el examen respectivo para determinar las características microscópicas siguientes.

- **Tipo:** Rocas ígneas
- **Subtipo:** Extrusiva (volcánica)
- **Color:** gris –gris claro
- **Textura:** Afanítica y porfídica
- **Estructura:** No presente
- **Nombre:** Andesita y Dacita

No presenta componentes reactivos dañinos para fabricación de concreto.

CONCLUSIONES

1. Todas las características físicas, mecánicas y químicas de los agregados pétreos influyen directamente en las propiedades de los componentes inertes de la mezcla de concreto. Los bancos de agregados finos y agregado grueso del río Samalá y río San Miguel Panán, cuentan en general con características mecánicas y químicas favorables y son adecuados para su utilización en mezclas de concreto.
2. Los resultados de petrografía y de reactividad potencial (ASTM C-295 y ASTM C-289, respectivamente) indica que los agregados analizados son inocuos, y no presentan sustancias o elementos altamente reactivos. Por lo tanto los agregados no reaccionan con los sulfatos contenidos en el cemento Portland.
3. La ubicación geográfica de los bancos señala una composición mineralógica diferente para cada uno, sin embargo, al analizar las características físicas, químicas y mecánicas indican una calidad aceptable de ambos agregados, por encontrarse dentro de los límites establecidos por cada una de las normas utilizadas.
4. Los resultados obtenidos del banco río Samalá, y del río San Miguel Panán, para agregado fino indican que los mismos, no cumplen con las especificaciones de granulometría de la norma ASTM C-33, su graduación no se encuentra dentro de los límites. Sin embargo, el resto de características de los agregados finos, obtenidos de los ensayos de reactividad potencial, análisis petrográfico, sulfato de sodio, son satisfactorios; por lo tanto, se consideran aptos para su utilización en la elaboración de concreto, debiéndose realizar un

mejor tamizado, utilizando la malla 9.5 m (No. 3/8) para lograr obtener análisis granulométrico aceptable.

RECOMENDACIONES

1. Debido a los resultados del análisis elaborado, en el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, debe tomarse en cuenta con especial cuidado la granulometría de los agregados según lo especificado por la norma ASTM C 33.
2. Es importante contribuir a no contaminar los afluentes, puesto que en la mayoría de los casos la extracción de agregado fino se realiza en los lechos de los ríos, este tipo de extracción se debe a que no se cuenta con los recursos para poder invertir en maquinaria de trituración.
3. Aun cuando se cuente con un registro de experiencias aceptables en la utilización de los agregados para concreto, es necesario efectuar un análisis completo de las características de dichos materiales, basándose en lo estipulado en la norma ASTM C-33; esto con el objeto de evaluar la calidad de los agregados pétreos, e implementando así controles de calidad en la elaboración de concreto.
4. El estudio de la reactividad potencial álcali-sílice en los agregados para concreto es un parámetro crítico en cuanto a la durabilidad del concreto, sobre todo en estructuras como presas de centrales hidroeléctricas, tanques de almacenamiento y otras construcciones muy similares; ya que la expansión y posible agrietamiento provocado por esta reacción, repercute en el debilitamiento estructural y acorta la vida útil de estas edificaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Volumen 04.02. EEUU: ASTM, 1990. 804 pp.
2. Beltranena, Emilio. Agregados para concreto. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1952. 255 pp.
3. García Makepeace, Ana Lucrecia. Evaluación de calidad de los agregados en el Departamento de Huehuetenango para su utilización en la producción de concreto. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 63 pp.
4. Martens Kuck, Uwe. Aplicaciones de la petrografía en el estudio de agregados y concretos. Guatemala, Centro Universitario de Norte (CUNOR), 2003. 23 pp.
5. Ordoñez, Gabriel. Mejicanos Dilma, Alvarado Paulino. Manual de laboratorio del curso de materiales de construcción. Guatemala: 2002. 71pp.

APÉNDICE

A continuación, se presentan los informes originales de los ensayos de laboratorio entregados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería, estos son: especificaciones generales ASTM C-33 para agregado fino y grueso y desgaste por abrasión para el agregado grueso (ASTM C-131) contenido de materia orgánica (ASTM C-40) y reactividad potencial para el agregado grueso (ASTM C-289). Por último, se muestra el informe Petrográfico para el agregado fino y grueso (ASTM C-295).

Figura 16 Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino banco río Samalá

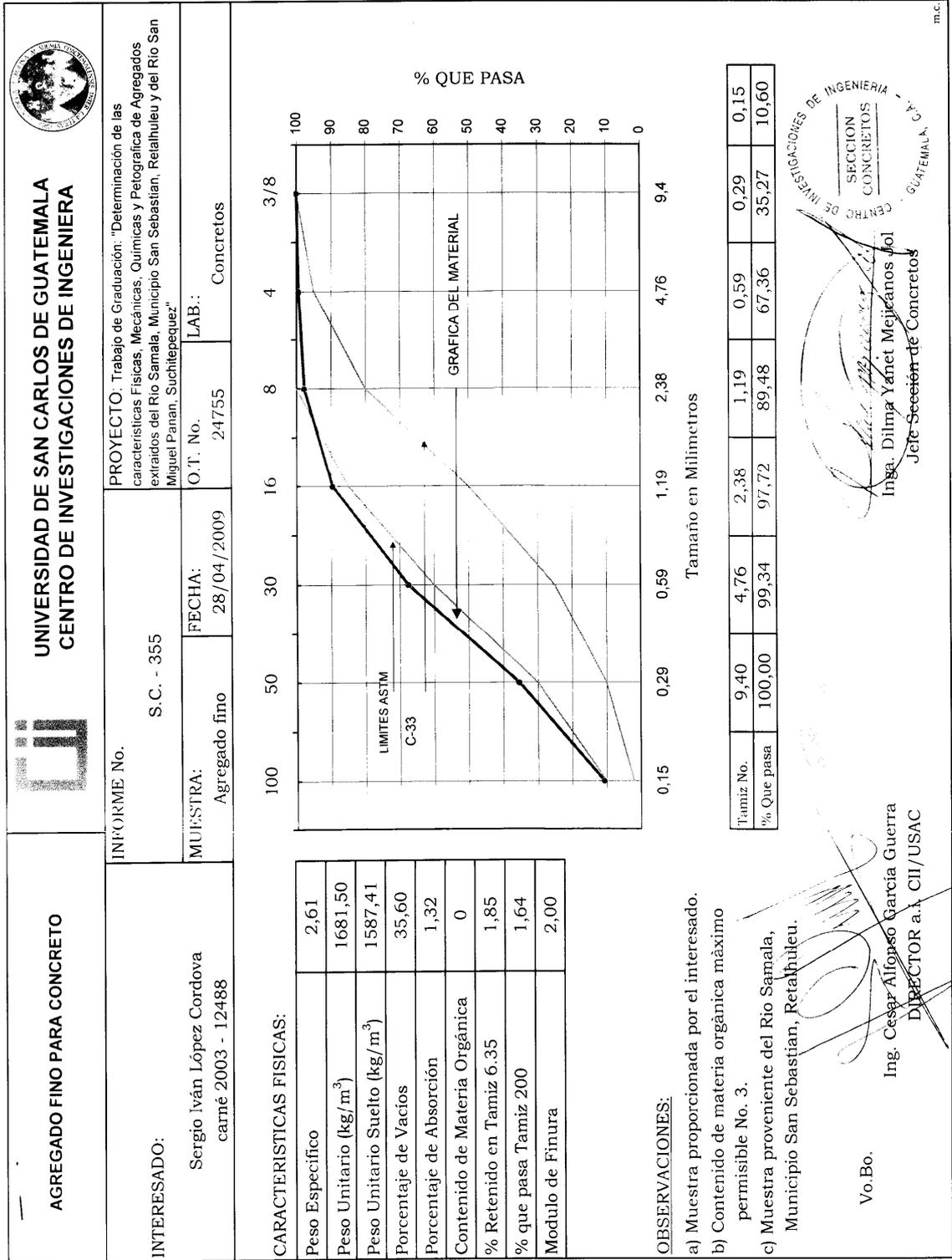


Figura 17 Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino banco río San Miguel Panán

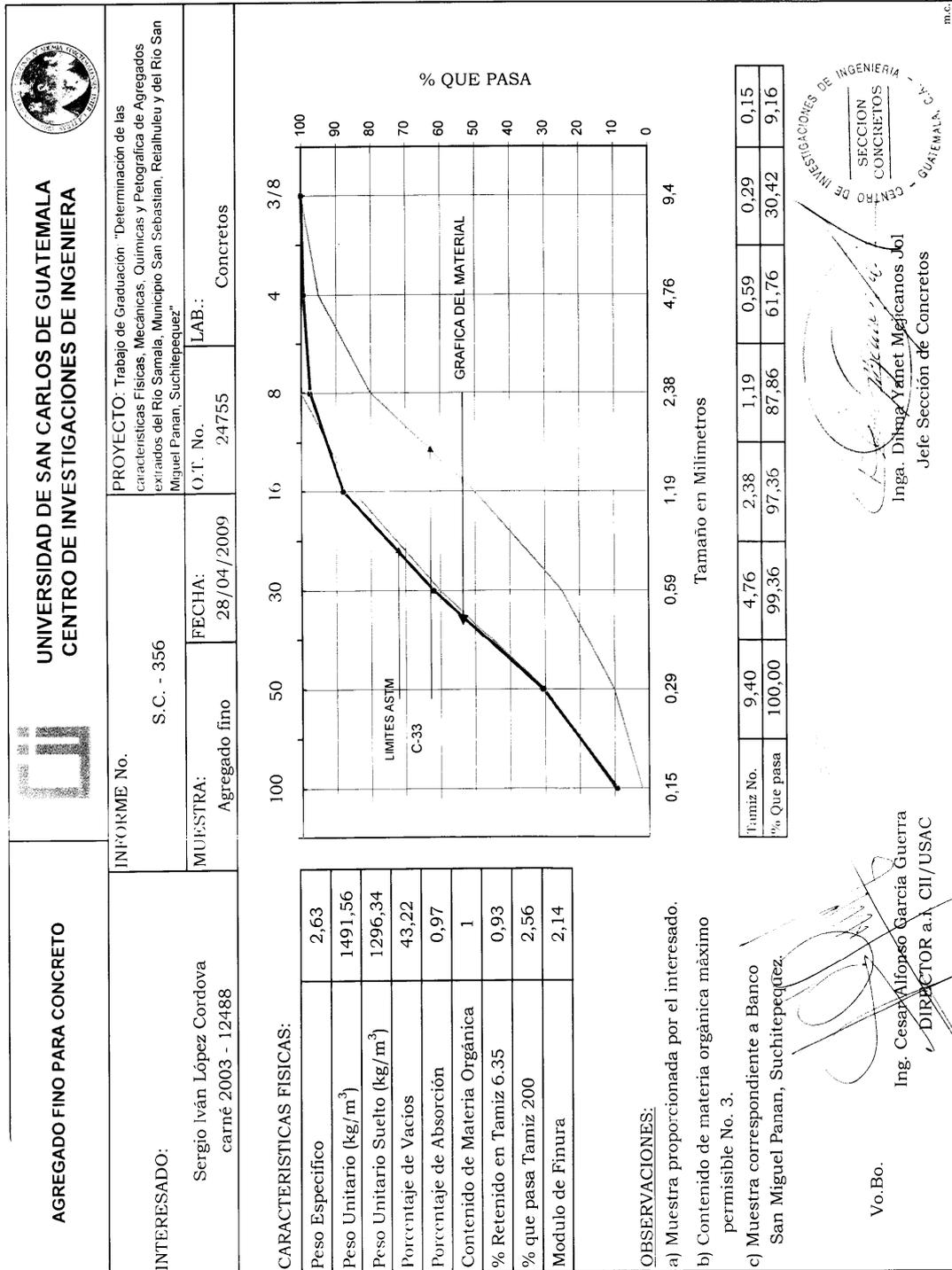


Figura 18 Informe de la norma ASTM C-33 para agregado grueso banco río Samalá

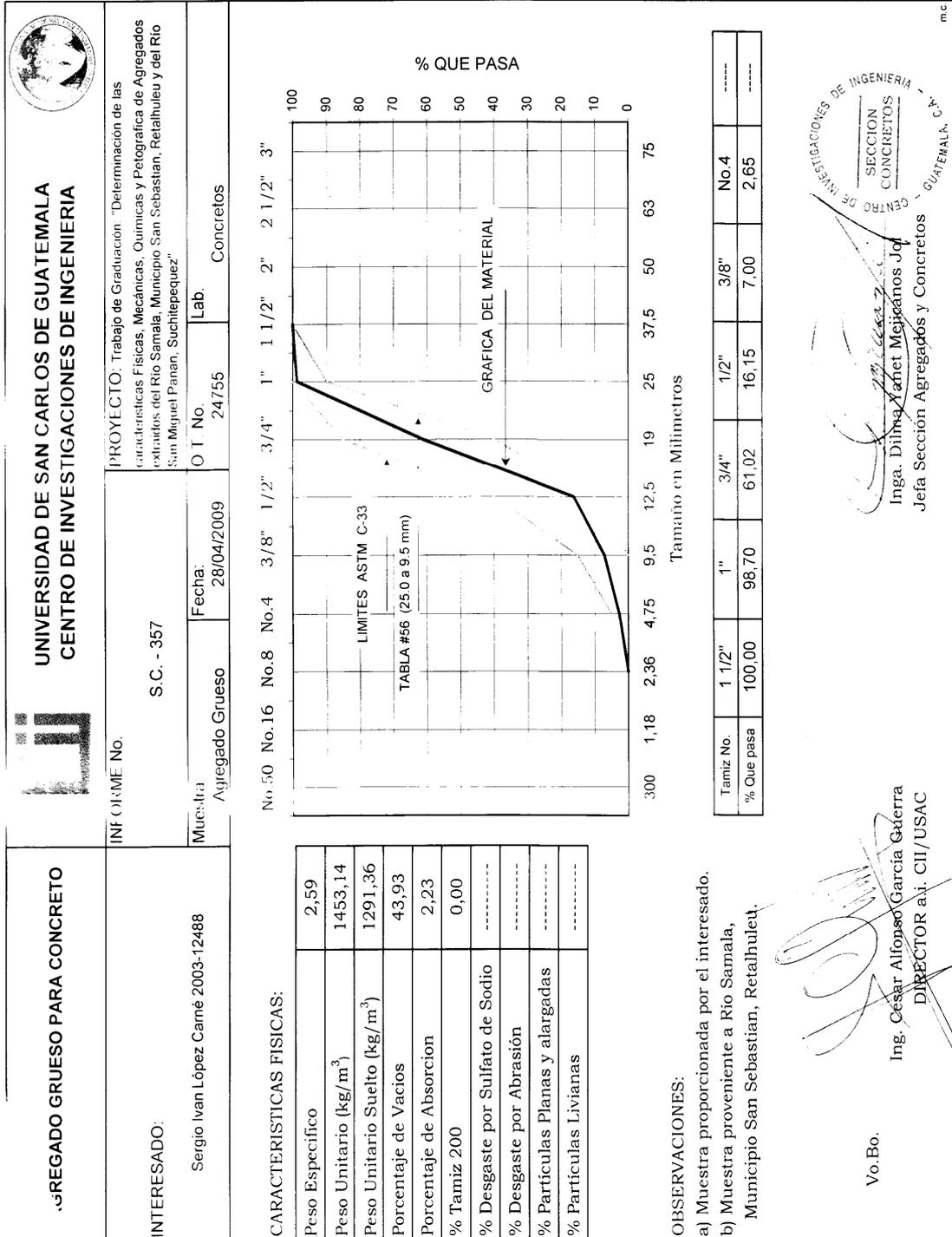


Figura 19 Informe de la norma ASTM C-33 para agregado grueso banco río San Miguel Panán

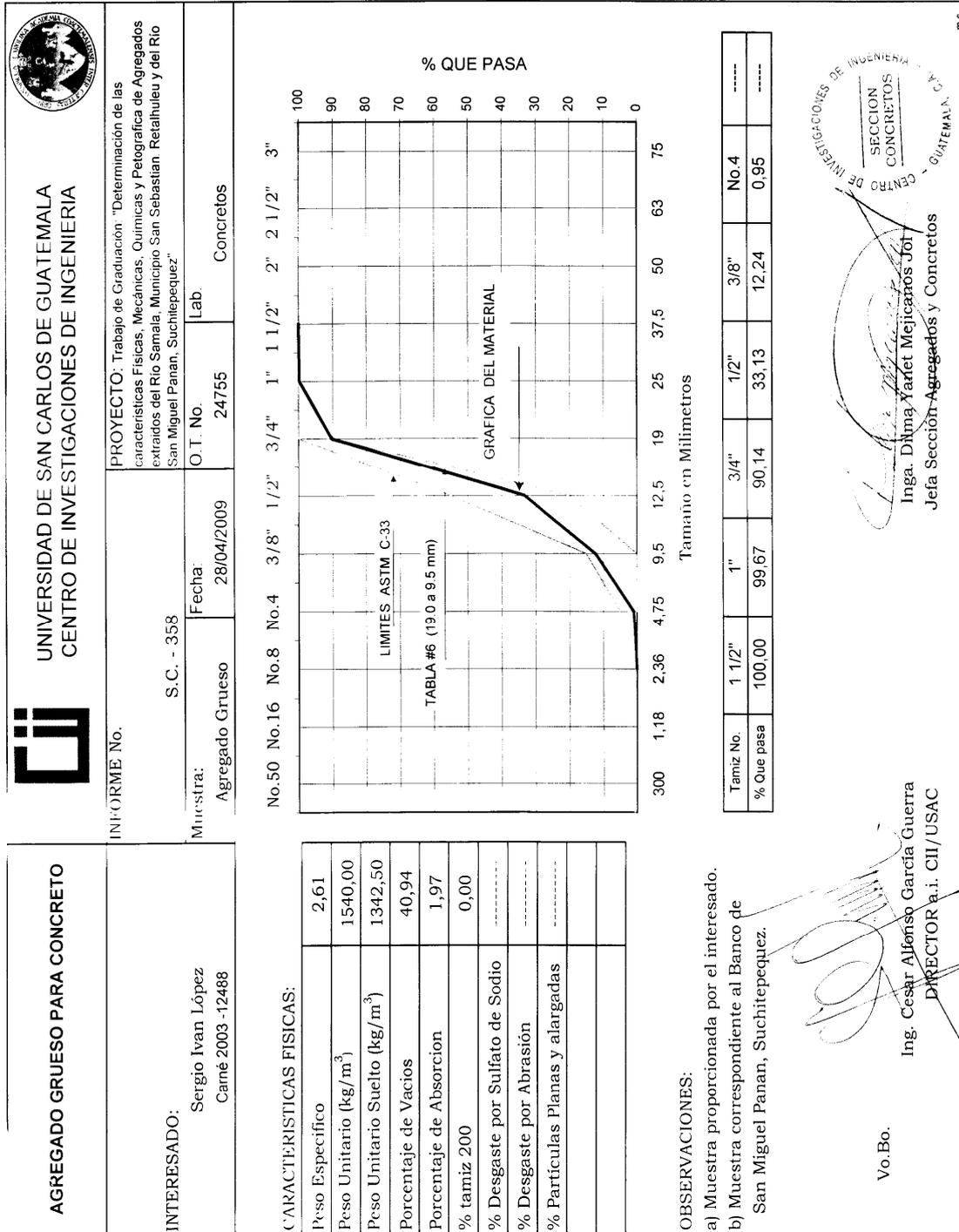


Figura 20 Informe de la norma ASTM C-131 del agregado grueso, del río Samalá y del río de San Miguel Panán



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



INFORME No. S.C- 218 O.T. No. 24771

INTERESADO: Sergio Ivan Lopez Cordova Carnè 2003-12488

ASUNTO: ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASION EN MAQUINA DE LOS ANGELES PARA AGREGADO GRUESO.

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Determinacion de las características Fisicas, Mecanicas, Químicas y Petrográficas de agregados extraídos del rio samala y del Rio San miguel Panan, Suchitepequez"

DIRECCIÓN: Municipio de San Sebastian Retalhuleu y Rio San Miguel Panan, Suchitepequez

FECHA: 23 de marzo de 2009

REFERENCIAS	MUESTRAS 1	MUESTRAS 2
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131	ASTM C-131
2. Graduación	"B"	"B"
3. % Desgaste	50,22	24,70

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.
b) Procedencia muestra -1: Banco Rio Samala
c) Procedencia muestra -2: Rio San Miguel Panan

ATENTAMENTE,


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


Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jé
Jefa Sección de Concretos

SECCION
CONCRETOS

RODILLO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA - GUATEMALA, C.A.

E.R.

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-9500 Ext. 1502, FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

**Figura 21 Informe de desgaste por sulfato de sodio ASTM C-88
agregado fino banco río Samalá**



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



INFORME No. SC - 366

O.T. No. 24757

INTERESADO: Sergio Iván López Córdova
ASUNTO: Ensayo de bondad en agregado fino
Material: Agregado Fino
Proyecto: Trabajo de Graduación "Determinación de las características Físicas, Mecánicas, Químicas y Petrográfica de agregados extraídos del Río Samalá, Municipio San Sebastián, Retalhuleu y del Río San Miguel Panan, Suchitepéquez"
Procedencia: Río Samalá
Solución utilizada: Sulfato de Sodio
FECHA: 05 de Mayo de 2009

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
No. 100 (149 mm)						
No. 50 (297 mm)	No. 100 (149 mm)	35.27	100.00	76.30	23.70	8.36
No. 30 (595 mm)	No. 50 (297 mm)	32.09	100.00	74.80	25.20	8.09
No. 16 (1.19 mm)	No. 30 (595 mm)	22.12	100.00	84.80	15.20	3.36
No. 8 (2.38 mm)	No. 16 (1.19 mm)	8.24	100.00	34.50	65.50	5.40
No. 4 (4.76 mm)	No. 8 (2.38 mm)	1.62	100.00	90.70	9.30	0.15
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	0.66	-----	-----	9.30	0.06
TOTALES		100.00	500.00	-----	-----	25.42

OBSERVACIONES:
a) Muestra proporcionada por el interesado

ATENTAMENTE,

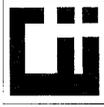

Inga. Dilma Yaret Mexicanos J
Jefa Sección de Concretos



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

EMG

Figura 22 Informe de desgaste por sulfato de sodio ASTM C- 88 agregado fino banco río San Miguel Panán



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



INFORME No. SC - 367

O.T. No. 24757

INTERESADO: Sergio Iván López Córdova
ASUNTO: Ensayo de bondad en agregado fino
Material: Agregado Fino
Proyecto: Trabajo de Graduación "Determinación de las características Físicas, Mecánicas, Químicas y Petrográfica de agregados extraídos del Río Samalá, Municipio San Sebastián, Retalhuleu y del Río San Miguel Panan, Suchitepéquez"
Procedencia: Río Panan
Solución utilizada: Sulfato de Sodio
FECHA: 05 de Mayo de 2009

PASA	TAMAÑOS RETENIDOS	Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
No. 100 (149 mm)						
No. 50 (297 mm)	No. 100 (149 mm)	30.42	100.00	89.60	10.40	3.16
No. 30 (595 mm)	No. 50 (297 mm)	31.34	100.00	75.70	24.30	7.62
No. 16 (1.19 mm)	No. 30 (595 mm)	26.10	100.00	84.40	15.60	4.07
No. 8 (2.38 mm)	No. 16 (1.19 mm)	9.50	100.00	94.50	5.50	0.52
No. 4 (4.76 mm)	No. 8 (2.38 mm)	2.00	100.00	91.40	8.60	0.17
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	0.64	-----	-----	8.60	0.06
TOTALES		100.00	500.00	-----	-----	15.60

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado

ATENTAMENTE,


 Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jd
 Jefa Sección de Concretos



Vo.Bo.

 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 Directora CII/USAC

EMG

**Figura 23 Informe de desgaste por sulfato de sodio ASTM C- 88
agregado grueso banco río Samalá**



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



INFORME No. SC - 368

O.T. No. 24757

INTERESADO: Sergio Iván López Córdova
 ASUNTO: Ensayo de bondad en agregado grueso
 Material: Agregado Grueso
 Proyecto: Trabajo de Graduación "Determinación de las características Físicas, Mecánicas, Químicas y Petrográfica de agregados extraídos del Río Samalá, Municipio San Sebastián, Retalhuleu y del Río San Miguel Panan, Suchitepéquez"
 Procedencia: Río Samalá
 Solución utilizada: Sulfato de Sodio
 FECHA: 05 de Mayo de 2009

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)	-----	-----	-----	-----	-----
1 1/2" (38.1 mm)	3/4" (19.05 mm)	38.98	-----	-----	1.60	0.62
3/4" (19.05 mm)	3/8" (9.52 mm)	54.02	1000.00	984.00	1.60	0.86
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	4.35	300.00	293.00	2.33	0.10
	Fondo	2.65	-----	-----	2.33	0.06
TOTALES		100.00	1300.00	-----	-----	1.65

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado

ATENTAMENTE,

Inga. Wilma Yaret Mejicanos Jdi
 Jefa Sección de Concretos



Vo.Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
 Directora CII/USAC

EMG

**Figura 24 Informe de desgaste por sulfato de sodio ASTM C- 88
agregado grueso banco río San Miguel Panán**



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



INFORME No. SC - 369

O.T. No. 24757

INTERESADO: Sergio Iván López Córdova
ASUNTO: Ensayo de bondad en agregado grueso
 Material: Agregado Grueso
 Proyecto: Trabajo de Graduación "Determinación de las características Físicas, Mecánicas, Químicas y Petrográfica de agregados extraídos del Río Samalá, Municipio San Sebastián, Retalhuleu y del Río San Miguel Panan, Suchitepéquez"
 Procedencia: Río Panan
 Solución utilizada: Sulfato de Sodio
FECHA: 05 de Mayo de 2009

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)	-----	-----	-----	-----	-----
1 1/2" (38.1 mm)	3/4" (19.05 mm)	9.86	-----	-----	3.73	0.37
3/4" (19.05 mm)	3/8" (9.52 mm)	77.90	1000.00	962.70	3.73	2.91
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	11.29	300.00	292.00	2.67	0.30
	Fondo	0.95	-----	-----	2.67	0.03
TOTALES		100.00	1300.00	-----	-----	3.60

OBSERVACIONES:
a) Muestra proporcionada por el interesado

ATENTAMENTE,


 Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jo
 Jefa Sección de Concretos



Vo.Bo.

 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 Directora CII/USAC

EMG

Figura 25 Informe de la norma ASTM C-295 de agregado grueso y fino de bancos río Samalá y río San Miguel Panán



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



O.T. No 24759

No. Informe Lab. 18-09

Interesado: Sergio Iván López Córdova
Muestra: 4 muestras de agregado dos finos y dos gruesos
Fecha: Guatemala, 12 de mayo de 2009

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

Muestra*	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
Banco Samalá (Agregado Grueso)	571.55 ± 0.502	5.55 ± 0.001	INOCUO
Banco Río San Miguel Panán (Agregado Grueso)	727.20 ± 0.020	3.33 ± 0.0	INOCUO
Banco Samalá (Agregado Fino)	674.02 ± 0.773	6.66 ± 0.001	INOCUO
Banco Río San Miguel Panán (Agregado Fino)	564.67 ± 1.347	3.33 ± 0.0	INOCUO

* Muestra proporcionada por el interesado

Ing. César Alfonso García Guerra
Jefe
Sección Química Industrial -CII-

Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC

Figura 26 Gráfica de la norma ASTM C-295 de agregado grueso y fino banco río Samalá y río San Miguel Panán



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

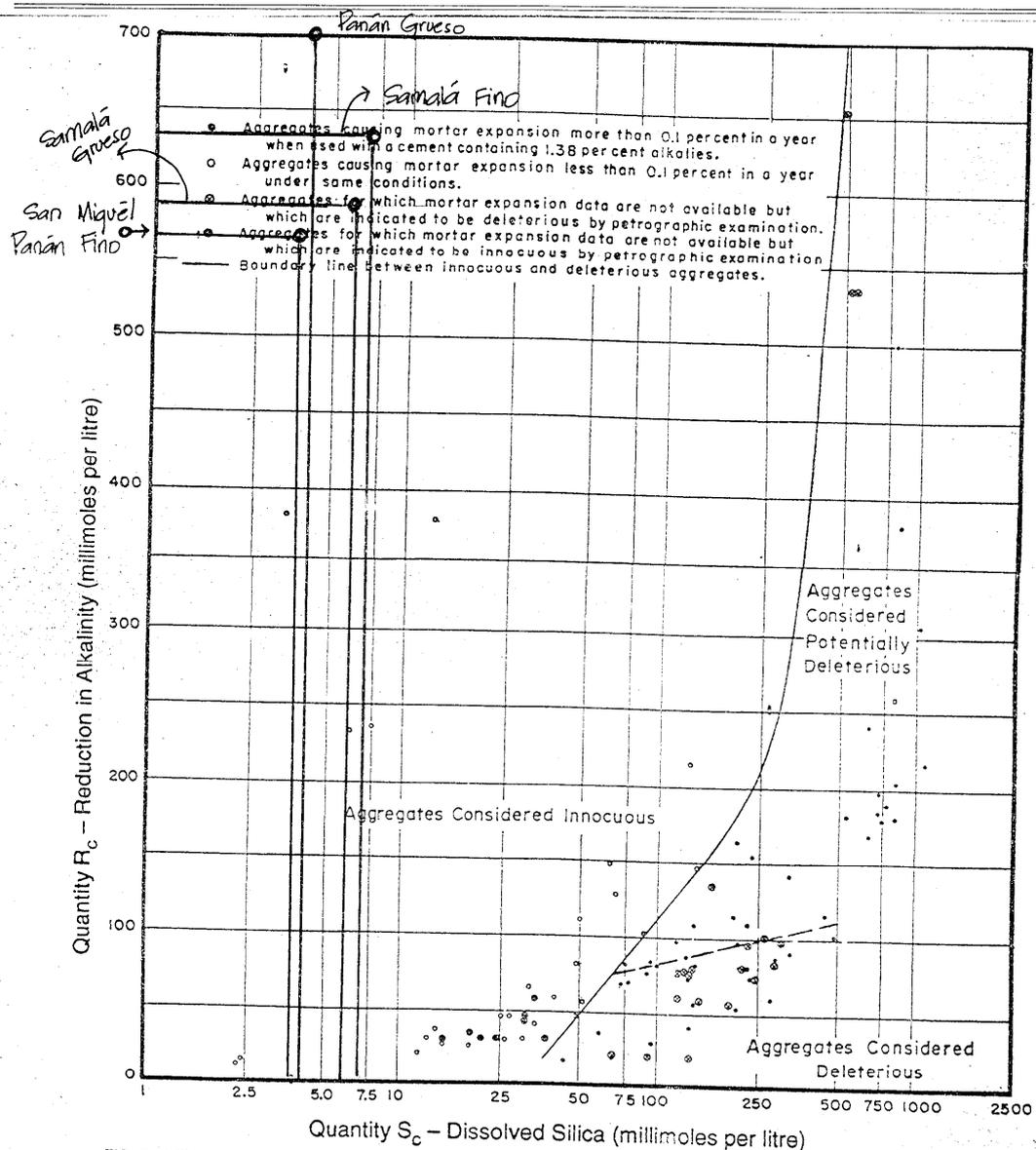


FIG. X1.1 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-9500 Ext. 1502, FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>