



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

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL AGREGADO
DEL BANCO LA ISLA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ,
ALTA VERAPAZ**

Otto Javier Sarg Rodríguez

Asesorado por la Inga. Civil Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, noviembre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL AGREGADO DEL
BANCO LA ISLA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ,
ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OTTO JAVIER SARG RODRIGUEZ

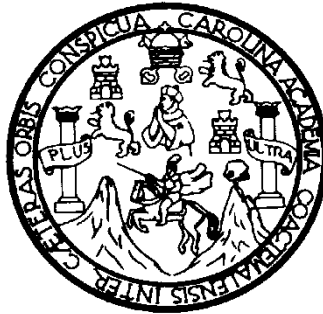
ASESORADO POR INGA. CIVIL DILMA YANET MEJICANOS JOL

AI CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Ing. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

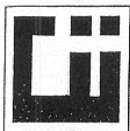
Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL AGREGADO DEL BANCO LA ISLA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ, ALTA VERAPAZ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
el 19 de mayo de 2009.



Otto Javier Sarg Rodríguez



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



Nº 14631

Guatemala, 19 de Abril de 2 010

Ingeniero José Gabriel Ordoñez Morales
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil
Área de Materiales y Construcciones Civiles
Coordinador

Ingeniero Ordoñez

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación **"CARACTERIZACION FISICA Y MECANICA DEL AGREGADO DEL BANCO LA ISLA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ, ALTA VERAPAZ"**, elaborado con el estudiante universitario Otto Javier Sarg Rodríguez, quien conto con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Sarg Rodríguez 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 Civil
Col. 5947



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



Guatemala,
14 de julio de 2010

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


Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL AGREGADO DEL BANCO LA ISLA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ, ALTA VERAPAZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Otto Javier Sarg Rodríguez, quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Janet Mejicanos Jol.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Sarg Rodríguez, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

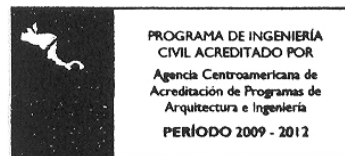
Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


José Gabriel Ordóñez Morales
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles

/bbdeb.

Más de 130^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua

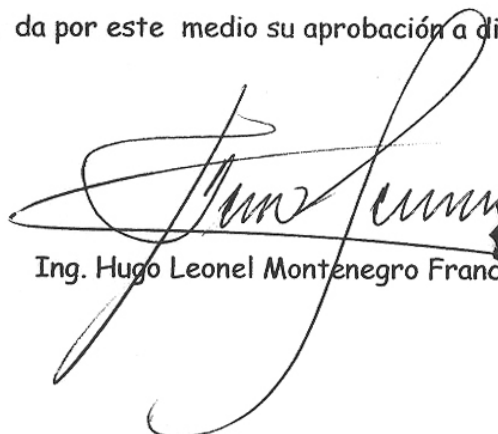




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



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. José Gabriel Ordóñez Morales al trabajo de graduación del estudiante Otto Javier Sarg Rodríguez, titulado **CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL AGREGADO DEL BANCO LA ISLA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ, ALTA VERAPAZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre de 2010

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 400.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL AGREGADO DEL BANDO LA ISLA DEL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ, ALTA VERAPAZ,** presentado por el estudiante universitario **Otto Javier Sarg Rodríguez,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 24 de noviembre de 2010

/gdech



DEDICATORIA A:

Mis padres
Otto Edgar Sarg
Elsa Beatriz de Sarg

Por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de estos años de estudio

Mi esposa
Sigrid

Por imprimirme el deseo de ser profesional

Mi hijo
Santiago

Por ser una hermosa inspiración

Mi hermana
Bárbara

Por su cariño constante

AGRADECIMIENTOS

Ingeniera
Dilma Yanet
Mejicanos Jol

Por su amistad y colaboración en la elaboración de este trabajo de graduación

A las empresas e instituciones, por su apoyo
RONY SARMIENTO, INGENIERO
OTTO SARG, INGENIERIA Y CONSTRUCCION
CII
CESEM
Constructora San Francisco S.A.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
INTRODUCCION	XI
OBJETIVOS	XIII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Descripción general de la norma ASTM C 33-01	1
1.2 Agregados	2
1.2.1 Agregado fino	2
1.2.1.1 Granulometría	2
1.2.1.2 Sustancias nocivas para el agregado fino	3
1.2.1.3 Contenido de materia orgánica	4
1.2.2 Agregado grueso	5
1.2.2.1 Granulometría	6
1.2.2.2 Sustancias nocivas en el agregado grueso	6
1.3 Absorción y contenido de humedad, pesos específico y unitario	7
1.3.1 Absorción y contenido de humedad	7
1.3.2 Peso específico	9
1.3.3 Peso unitario	10
1.4 Descripción general de la norma ASTM C 295-01	11
1.4.1 Importancia y usos de los exámenes petrográficos	12
1.4.2 Toma de muestras en canteras	12
1.4.3 Arena y grava natural	13
1.4.4 Examen de grava natural	14
1.4.4.1 Clasificación de la roca	14

1.4.4.2	Condiciones de las muestras	15
1.5	Especificaciones adicionales para agregados, método para evaluar la reactividad de los agregados	17
1.5.1	Para agregado fino	17
1.5.2	Para agregado grueso	18
1.5.3	Componentes del cemento Portland	19
2	DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL BANCO SELECCIONADO	21
2.1	Descripción del banco	21
2.2	Aspectos geológicos de la zona	23
2.3	Tipo de banco	24
2.4	Localización y ubicación	24
3	ENSAYOS DE LABORATORIO	27
3.1	Resultados para la caracterización de los agregados	27
3.1.1	Tabulación y análisis de resultados	28
3.2	Resultados de la norma ASTM C 33	28
3.2.1	Agregado fino clasificado del banco La Isla	28
3.2.2	Agregado fino no clasificado del banco La Isla	31
3.2.3	Agregado grueso clasificado del banco La Isla	31
3.2.4	Agregado grueso no clasificado del banco La Isla	33
3.3	Ensayos para determinar componentes y propiedades mineralógicas	33
3.3.1	Ensayo de reactividad potencial ASTM C 289	34
3.3.2	Examen petrográfico del banco La Isla	34
3.4	Ensayos para determinar componentes y propiedades químicas	37

4	ELABORACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO Y MORTEROS	
	PARA VERIFICAR LA RESISTENCIA MECÁNICA	39
4.1	Ensayo de concreto a compresión	39
4.1.1	Banco La Isla: agregado clasificado	39
4.1.2	Banco La Isla: agregado no clasificado	43
4.2	Ensayo de morteros a compresión	43
4.2.1	Banco La Isla: agregado fino clasificado	43
4.2.2	Banco La Isla: agregado fino no clasificado	44
4.3	Ensayo de morteros a tensión	45
4.3.1	Banco La Isla: agregado fino clasificado	45
4.3.2	Banco La Isla: agregado fino no clasificado	46
	CONCLUSIONES	47
	RECOMENDACIONES	49
	BIBLIOGRAFÍA	51
	ANEXOS	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Proceso de extracción manual del banco La Isla	22
2.	Proceso de extracción mecánica del banco La Isla	22
3.	Banco La Isla	23
4.	Localización del banco en estudio	25
5.	Ubicación y acceso al banco en estudio	26
6.	Curva granulométrica del agregado fino de La Isla	29
7.	Curva granulométrica del agregado grueso de La Isla	32
8.	Componentes minerales de la muestra de La Isla para cada número de tamiz	36
9.	Reactividad álcali – carbonato	38
10.	Informe de la norma C 33 para el agregado fino clasificado	54
11.	Informe de la norma C 33 para el agregado grueso clasificado	55
12.	Informe de la evaluación de óxidos de calcio y magnesio por métodos complejo métricos	56
13.	Informe de reactividad potencial del banco La Isla	57
14.	Ilustración sobre la división de un material deletéreo e inocuo	58
15.	Informe de la resistencia de cilindros de concreto	59
16.	Diseño teórico de mezcla para concreto $210 \text{ kg/cm}^2 - 3000 \text{ psi}$	60
17.	Informe de la resistencia de cilindros de concreto con base en diseño teórico de mezcla para concreto $210 \text{ kg/cm}^2 - 3000 \text{ psi}$	61
18.	Informe de la resistencia de morteros a compresión y tensión	62
19.	Fotografías del ensayo de cilindros a compresión	63
20.	Fotografías del ensayo de cilindros a compresión con base a diseño Teórico de mezcla para concreto $210 \text{ kg/cm}^2 - 3000 \text{ psi}$	64
21.	Fotografías de ensayos de morteros a compresión	65
22.	Fotografías de ensayos de morteros a tensión	66

TABLAS

I. Límites de granulometría según la norma ASTM C 33-01	2
II. Clasificación de la arena por su módulo de finura	3
III. Límites de sustancias nocivas en agregados finos	4
IV. Cantidad de material en unidades de peso para realizar el cuarteo en el ensayo de contenido de humedad	9
V. Composición y constitución del cemento Portland	20
VI. Granulometría del agregado fino clasificado de La Isla	29
VII. Características físicas de agregado fino de La Isla	30
VIII. Granulometría del agregado grueso clasificado de La Isla	31
IX. Características físicas del agregado grueso	32
X. Resultados del ensayo de reactividad potencial, ASTM C 289	34
XI. Características macroscópicas	35
XII. Número de partículas por tamiz	36
XIII. Proporción de la mezcla (peso) 1:2.30:3.00:0.60	39
XIV. Resultados del ensayo a compresión del concreto utilizando agregados clasificados	40
XV. Diseño teórico de mezcla para concreto 210 kg/cm ²	41
XVI. Proporción de la mezcla (peso) 1:29:3.16:0.57	41
XVII. Resultado del ensayo a compresión del concreto utilizando agregado clasificado para concreto 210 kg/cm ²	42
XVIII. Resultados de mortero a compresión para el agregado fino clasificado	44
XIX. Resultados de mortero a tensión para el agregado fino clasificado	45

GLOSARIO

Agregado

Es el material inerte que, unido con un aglomerante en una masa conglomerada, forma concreto o mortero. Estos últimos se dividen, según su tamaño, en finos y gruesos; el límite es el tamiz de 4.75 mm de abertura.

Álcalis

Hidróxidos que se forman cuando elementos alcalinos entran en contacto con el agua. En el cemento Portland estos elementos alcalinos son el sodio y el potasio.

Arenisca

Roca sedimentaria formada por arena de cuarzo cuyos granos están unidos por un cemento silíceo, arcilloso, calizo o ferruginoso que le brinda mayor o menor dureza.

ASTM

Siglas que corresponden a la entidad *AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS* (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).

Calcita

Carbonato de calcio, muy abundante, que cristaliza en formas del sistema hexagonal, generalmente blanco puro, a veces transparente CaCO_3 .

Caliza

Tipo común de roca sedimentaria, ampliamente difundida. Se caracteriza por la efervescencia, en frío, al contacto con un ácido. Se distinguen las calizas propiamente dichas y las rocas dolomíticas, que contienen una cantidad notable de carbonato doble de calcio y de magnesio.

Dolomita

Roca semejante a la caliza y formada por el carbonato doble de calcio y magnesio $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$. Es más común que la verdadera caliza.

Eflorescencia

Conversión espontánea en polvo de diversas sales, al perder el agua de cristalización.

Hormigón

Mezcla compuesta de agregados de distintos tamaños y cemento. En Guatemala se le llama concreto.

Mortero

Mezcla constituida por agua, arena y un aglomerante como el cemento Portland. Además, puede contener aditivos.

Rocas sedimentarias

Formación de rocas con base en la sedimentación, tanto en el grupo de rocas detríticas terrígenas, como rocas formadas por la precipitación a partir de una solución, expuestas a erosiones continuas.

INTRODUCCIÓN

La construcción de obras de concreto en el departamento de Alta Verapaz ha tenido un incremento considerable en los últimos años, y debido a la falta de información acerca de las propiedades y características de los agregados empleados, se utilizan materiales para la elaboración de mezclas de los cuales se ignoran sus propiedades.

En Guatemala, se utilizan las normas ASTM para conocer y analizar las propiedades de los agregados para la elaboración de concreto y morteros. Estas normas tienen como objetivo establecer un control de calidad en materiales de construcción al analizar sus propiedades físicas, mecánicas y mineralógicas. Para este fin existe cierta cantidad de normas y especificaciones dirigidas a agregados, de las cuales en este trabajo de graduación se aplicaron las siguientes: especificaciones generales sobre agregados, ensayo de reactividad potencial y el examen petrográfico, ASTM C 33, C 289 y C 294, respectivamente.

Además de los ensayos para el análisis de agregados, las normas ASTM recomiendan la elaboración de pruebas de concreto y mortero para verificar el desempeño de los agregados en condiciones de uso. Estas pruebas y sus resultados se presentan en la cuarta parte de este documento.

OBJETIVOS

- **General**

Determinar las propiedades físicas, mecánicas y mineralógicas del banco de agregados ubicados en el municipio de Santa Cruz Verapaz, en el departamento de Alta Verapaz.

- **Específicos**

1. Analizar y comparar las muestras obtenidas del banco, de acuerdo con los procedimientos y especificaciones que establece la norma ASTM C 33-01 para conocer sus propiedades físicas y mecánicas.
2. Identificar los componentes mineralógicos de las rocas que forman este agregado por medio del examen petrográfico, para identificar posibles minerales o sustancias reactivas con los componentes del cemento Portland.
3. Elaborar mezclas de concreto y mortero para verificar la resistencia mecánica de agregados en condiciones de uso.
4. Determinar la relación de los componentes químicos, para el uso de los agregados en mezclas de concreto.
5. Identificar, con base en los resultados obtenidos, el uso óptimo, del material en el campo de la construcción.

1. MARCO TEÓRICO

De acuerdo con las especificaciones de las normas de la Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales-ASTM-(por sus siglas en inglés), se determinará en este proceso, la calidad de los agregados del banco de materiales conocido como La Isla, en el municipio de Santa Cruz Verapaz, departamento de Alta Verapaz.

1.1 Descripción general de la norma ASTM C 33-01

Esta norma se emite bajo la designación C 33; el número que sigue a la designación inmediata indica el año de adopción original o en el caso de revisión, el año de última revisión.

Esta especificación define los requisitos de graduación y calidad de los agregados fino y grueso que serán usados para la realización de concreto estructural, por lo que es considerada adecuada para asegurar materiales satisfactorios para la mayoría de hormigones. Está reconocido que, para ciertos trabajos o en ciertas regiones, puede haber diferentes restricciones, debido a las características físicas, mecánicas, químicas y petrográficas de la composición de los bancos en las diferentes regiones. Por ejemplo, donde la estética es más importante deben considerarse más los límites restrictivos con respecto a las impurezas que puedan ocasionar manchas e incluso algún tipo de eflorescencia en la superficie del concreto.

1.2 Agregados

1.2.1 Agregado fino

Los agregados finos pueden ser de origen natural, arenas manufacturadas, de roca triturada, artesanal o bien una combinación de ambas.

1.2.1.1 Granulometría

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites que se muestran en la tabla I, para considerar un equilibrio en la representación de los tamaños de partículas y se clasificará según su módulo de finura tal y como aparece en la tabla II.

Tabla I. Límites de granulometría según la norma ASTM C 33-01

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8" (9.5 mm)	100%
No. 4 (4.75 mm)	95 a 100%
No. 8 (2.36 mm)	80 a 100%
No. 16 (1.18 mm)	50 a 85%
No. 30 (600 µm)	25 a 60%
No. 50 (300 µm)	10 a 30%
No. 100 (150 µm)	2 a 10%

Fuente: **Normas de la asociación Americana para el Ensayo de Materiales, Vol.004-03.**

El agregado fino no deberá tener más de 45 por ciento retenido entre 2 tamices consecutivos y su módulo de finura deberá estar entre 2.3 y 3.1. Si el agregado no cumple con estos requisitos puede utilizarse siempre y cuando cumpla con la prueba de esfuerzo del mortero que establece la norma C 87, donde es aceptada si después de los siete días la prueba presenta el 95% de su resistencia de diseño.

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

Tipo de arena	Módulo de finura
Gruesa	2.90 – 3.20 gramos
Media	2.20 – 2.90 gramos
Fina	1.50 – 2.20 gramos
Muy fina	1.50 gramos

Fuente: **Gaitán Orozco, Análisis mineralógico y examen petrográfico de agregado fino para concreto de tres bancos de la región central del país. Pág. 25**

1.2.1.2 Sustancias nocivas para el agregado fino

En la prueba para agregado fino, la norma indica los porcentajes límites de sustancias nocivas permisibles, como se muestra en la tabla III.

Tabla III. Límites de sustancias nocivas en agregados finos

Sustancia	Porcentaje máximo en peso del total de la muestra (%)
Arcilla y partículas disgregables	3.0
Material más fino que el tamiz 200 (75 μ m):	
Concreto sujeto a abrasión	3.0 ^A
cualquier otro concreto	5.0 ^A
Carbón y lignito:	
cuando la apariencia del concreto es de importancia	0.5
cualquier otro concreto	1.0

Fuente: **ASTM, Vol.004-03. Pág. 11**

1.2.1.3 Contenido de materia orgánica

El contenido de impurezas orgánicas puede determinarse por medio de la prueba colorimétrica de impurezas orgánicas, donde si ésta produce un color más oscuro dentro de la escala del colorímetro (mayor que el número 3), será rechazada, esto muestra la presencia de pequeñas partículas de carbón, lignito u otras partículas discretas similares, como también la presencia de partículas de origen orgánico.

La cantidad de impurezas orgánicas en los agregados finos no deberá exceder los valores de la tabla III.

Cuando el agregado fino no cumpla con estos requerimientos puede llegar a ser aceptado, con la condición que el concreto tenga propiedades similares a un concreto fabricado con agregados de la misma fuente y que éste

haya dado resultados satisfactorios al ser expuesto a un ambiente con características similares. Además existe la posibilidad de estabilizar el material con soluciones de calcio (cal), ya que existen relaciones apropiadas por utilizar en la construcción, un metro cúbico de material por un saco de cal o un pie cúbico de material por dos tercios de saco de cal, ayudando así a la estabilización del material.

1.2.2 Agregado grueso

El agregado grueso está formado fundamentalmente por gravas, gravas trituradas, piedra triturada, escoria de explosión, artesanal, concreto de cemento hidráulico, o bien de la combinación de las anteriores, con las características que establece la norma.

Aunque se ha utilizado concreto de cemento hidráulico triturado como agregado, con informes de resultados satisfactorios, su uso puede requerir algunas precauciones adicionales.

Puede aumentarse el índice máximo de humedad debido a la aspereza de la clase de agregado.

El uso de este tipo de agregado puede causar una baja resistencia con respecto a la resistencia del elemento sometido a cambios de temperatura, puede también causar una degradación de las propiedades del concreto en el momento del mezclado, manipulación, o en el momento de colocarlo.

El agregado proveniente de roca triturada puede tener partículas susceptibles a elementos alcalinos, al ataque de sulfatos y materia orgánica especialmente en los poros de un concreto de reciente fabricación.

1.2.2.1 Granulometría

Los agregados gruesos deben conformar los requerimientos descritos en la norma para el número de tamiz especificado. El tamaño del agregado se encuentra en función a las necesidades específicas para el diseño del concreto.

Para llevar un control de la calidad, el productor debe desarrollar una medida de granulometría de una fuente en particular, así también los medios de producción debe controlar que en promedio la granulometría se encuentre dentro de los límites de tolerancia razonables. Los agregados gruesos deben acomodarse de forma separada o apilarse, como mínimo, en dos tamaños.

1.2.2.2 Sustancias nocivas en el agregado grueso

Las especificaciones de los límites de sustancias nocivas en los agregados gruesos a utilizar en la fabricación de concreto se designan por el tipo de agregado, la severidad de la abrasión y otros elementos a los que serán expuestos, similares al agregado fino, (ver tabla III).

Los límites correspondientes de abrasión de los agregados gruesos deben tomarse en cuenta para tener resultados satisfactorios en función del lugar y el tipo de concreto a utilizar. Si se efectúa una selección indebida del agregado a emplear, puede ser la causa de un gasto no necesario si los materiales que se necesitan no se encuentran en la localidad.

Si se efectúa una selección de agregados con límites bajos de aceptación, puede que los mismos actúen de forma insatisfactoria, y causar un prematuro deterioro del concreto.

Puede también fabricarse concreto con diferentes tipos de agregados gruesos, cuando estos se encuentren dentro de los límites admisibles de resistencia de diseño, las especificaciones pueden llegar a requerir que se utilice un sólo tipo de agregado grueso que se encuentre aislado de agregados de otro tipo que puedan contener características que dañen o alteren el concreto, sobre todo en proyectos pequeños.

Como el agregado grueso a utilizar en concreto se encuentra sujeto al aumento de humedad, y una prolongada exposición a la atmósfera, no debe contener materiales que puedan reaccionar de forma nociva con los álcalis del cemento, en cantidades que puedan causar una expansión excesiva del mortero de concreto.

Los agregados gruesos difícilmente sobrepasan los límites establecidos en la tabla III, por lo que pueden llegar a ser aceptados si un concreto realizado con un material similar y de la misma fuente ha reflejado un funcionamiento con resultados satisfactorios, cuando es sometido a condiciones similares para las que se pretende utilizar los agregados en estudio.

1.3 Absorción y contenido de humedad, peso específico y peso unitario

1.3.1 Absorción y contenido de humedad

La humedad de un agregado está compuesta por humedad de saturación (o bien de absorción) y humedad libre o superficial. Para corregir el peso del material al hacer mezclas de concreto, es necesario obtener el porcentaje de

humedad contenida además del porcentaje de absorción del agregado, para mantener las condiciones de la reacción térmica del cemento, al momento de iniciar el fraguado.

Un cambio de contenido de humedad del 1%, si no se compensa puede cambiar el asentamiento del concreto en 1.5 pulgadas y la resistencia en 300 lbs/plg². Los agregados pueden estar en alguno de los cuatro estados siguientes:

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

Para proporcionar mezclas de concreto, todos los cálculos deben basarse en agregado, en condición seco-saturada.

Debe tomarse una muestra relativa del material a evaluar, por medio del cuarteo de la misma, considerando el peso necesario de acuerdo con la tabla IV.

Tabla IV. Cantidad de material en unidades de peso para realizar el cuarteo en el ensayo de contenido de humedad

Tamaño de agregado	Peso de la muestra
Menor de 4.76 μm	200 gramos
De 4.76 a 19.0 μm	500 gramos
De 19.0 a 38.1 μm	1000 gramos
Mayor a 38.1 μm	1000 gramos

Fuente: **Gaitán Orozco, Análisis mineralógico y examen petrográfico de agregado fino para concreto de tres bancos de la región central del país. Pág. 22**

Es imposible que los agregados vengan en condición ideal pero puede llegarse a ella por una simple operación aritmética: humedad superficial = humedad total - factor de absorción. Para los agregados gruesos la absorción se puede determinar de acuerdo con la norma ASTM C 127 y para los agregados finos conforme a la norma ASTM C 128.

1.3.2 Peso específico

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 obtiene 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 el 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 especificación 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.

1.3.3 Peso unitario

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 o metro cúbico.

Al determinar el peso unitario se observa que el grado de asentamiento (vacíos) y el contenido de humedad ejercen influencia sobre éste, por lo que se calcula con el material seco o con distintos grados de humedad, asentado o suelto según indicación de la norma ASTM C 29. Los recipientes utilizados para cada agregado corresponden: para agregado grueso de 7 litros y para agregado fino de 2.867 litros, respectivamente.

1.4 Descripción general de la norma ASTM C 295-01

Esta norma especifica los procedimientos y técnicas que deben utilizarse para el examen petrográfico de muestras de materiales propuestos para el uso de los agregados en el hormigón.

La roca y los minerales se deberán nombrar según la nomenclatura descriptiva C 294, de la manera más apropiada y de acuerdo con esta guía.

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.

Los exámenes petrográficos completos para propósitos particulares pueden requerir exámenes de agregados o de componentes seleccionados por medio de los procedimientos adicionales, como la difracción de la radiografía (XRD) el análisis diferencial térmico (DTA), el espectroscopio infrarrojo, u otro examen del electrón al microscopio (SEM), análisis de rayos X para la dispersión de energía (EDX). En algunos casos, tales procedimientos son más rápidos y fiables que los métodos del microscopio.

La identificación de los materiales constituyentes de 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 un fin en sí misma. El valor de cualquier examen petrográfico dependerá en gran parte de la representatividad de las muestras examinadas, la integridad y exactitud de la información así como la habilidad del

petrógrafo de poner en correlación estos datos con los del examen, proporcionarán datos acerca de la fuente y propuestas para el uso del material.

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 de este para el uso al que será destinado
- Describir y clasificar los componentes que tiene la muestra
- Comparar muestras de agregado de nuevos bancos con las muestras de agregados de uno o más bancos y que los datos estén disponibles en archivos

El examen petrográfico debe realizarse bajo la supervisión de un geólogo que se encuentre familiarizado con los requisitos necesarios para la toma de muestras de agregados para concreto, cumpliendo con los requisitos de la práctica D 75. Debe considerarse la localización exacta de donde fue tomada la muestra, la geología del sitio y deben recolectarse otros datos pertinentes con la muestra.

La cantidad del material realmente estudiada en el examen petrográfico se encuentra en función de la naturaleza del examen y la calidad del material a evaluar en la muestra.

1.4.2 Toma de muestras en canteras

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 más representativas y con las características del agregado más grande.

1.4.3 Arena y grava natural

Las muestras de grava y arena natural para el examen petrográfico deben encontrarse secas, de acuerdo con el método de la práctica C 136, para proporcionar muestras de acuerdo con el tamaño del tamiz.

En el caso de las arenas debe tomarse una cantidad adicional que debe probarse de acuerdo con la norma C 117; esto debe considerarse para evaluar en peso seco y sin exceso de humedad la cantidad de material que pasa por el tamiz de 75 micrómetros o el tamiz No.200.

Deben proporcionarse los resultados del análisis de los tamices de cada una de las pruebas de acuerdo con el método C 136, para que la persona que realice el examen petrográfico pueda utilizarlos.

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 más grande que se tenga disponible, así se hace más fácil el reconocimiento de rocas de gran tamaño.

El rompimiento de un lecho de roca de gran magnitud puede generar rocas de diferentes tamaños o bien de forma aparente con partículas de pequeños tamaños.

Algunas partículas pueden ser identificadas fácilmente por medio de la utilización de un microscopio estereoscópico donde, de forma separada, se toman las partículas de mayores tamaños.

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 las muestras menos abundantes. Asumiendo que el campo de prueba y el laboratorio que realiza los procedimientos es exacto y fiable, el número de partículas a examinar, identificar y estimación de los componentes que se encuentren son cantidades mínimas.

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

1.4.4 Examen de grava natural

El recubrimiento, los guijarros o cantos rodados deben examinarse para establecer si existen recubrimientos exteriores, y si estos existen, debe determinarse si consisten en materiales dañinos para el concreto (yeso, fácilmente las sales solubles y la materia orgánica).

También debe determinarse de forma cualitativa la firmeza de las capas de pequeñas partículas.

1.4.4.1 Clasificación de la roca

Los fragmentos de roca deben ser clasificados por medio del método visual, esto puede realizarse si existe 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.

En las rocas de grano fino es necesario realizar el examen por medio de la utilización del microscopio estereoscópico para verificar la existencia de sustancias dañinas para el concreto. Si estos elementos no pudieran ser identificados por este método, significa que deben ser identificados por el petrógrafo por medio de la utilización del microscopio.

La cantidad de grano fino en una muestra será determinada por la cantidad de este material que se necesite para un trabajo determinado. Deben tomarse en consideración los registros existentes de exámenes que se hayan realizado en muestras de la misma fuente, normalmente, esto refleja el trabajo a nivel microscópico que debe realizarse a las muestras para obtener la información que se necesite, en función de la necesidad de los trabajos a efectuar.

1.4.4.2 Condiciones de las muestras

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

Debe notarse 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 el reconocimiento de una o dos condiciones pueden ser suficientes. Cuando existe un componente importante en grandes cantidades, a veces se requiere de una separación en cuatro grupos según su condición.

Un ejemplo puede ser el contenido de cuarzo al encontrarse en grandes cantidades en las arenas gruesas, ya que puede aparecer como denso, cuarzo deleznable, cuarzo volcánico, cuarzo poroso o como cuarzo altamente deleznable.

La determinación de cualquiera de las cuatro características anteriores en un examen puede dar a conocer el comportamiento que tengan los agregados en el concreto.

1.5 Especificaciones adicionales para agregados, método para evaluar la reactividad de los agregados

Se han propuesto varios métodos para evaluar el potencial de reactividad de los agregados. Sin embargo, estos métodos propuestos no han proporcionado información cuantitativa sobre el grado de reactividad de los agregados, ya que deben basarse en el juicio y en la interpretación de los datos de la prueba y el examen de estructuras concretas que contienen una combinación de agregados gruesos y finos, su consolidación y su utilización en un trabajo específico.

1.5.1 Para agregado fino

Las partículas retenidas del tamaño grueso de 600 micrómetros (tamiz No.30) deben reducirse de acuerdo con el procedimiento del método C 702, realizando mezclas continuas hasta reducirla a una muestra de por lo menos 150 partículas. Debe realizarse un examen de cada una de las muestras reducidas.

Deben realizarse también pruebas en el agregado fino, con la finalidad de que reflejen el comportamiento del concreto cuando es sometido a cambios de temperatura según el método de la norma C 666.

En función de la calidad del concreto, debe tomarse en cuenta como un aspecto fundamental, las posibles reacciones que los componentes de los agregados provoquen cuando sean mezclados con el cemento.

El conocimiento de los componentes del cemento puede ser de gran ayuda para determinar si los componentes de los agregados lo afectan.

1.5.2 Para agregado grueso

Los resultados de las siguientes pruebas ayudan a determinar las propiedades y características reactivas del agregado:

- Norma ASTM C 295: se reconocen varios materiales que reaccionan con los álcalis del cemento, estos incluyen las formas de sílice, como: cuarzo traslúcido, ópalo pasando por la prueba de ácidos (ricos en sílice), vidrio volcánico, andesitas, zeolitas. La determinación de la presencia y las cantidades de estos materiales por medio de los exámenes petrográficos son útiles para la evaluación del potencial de álcalis. Algunos de esos materiales dan como resultado un agregado con reacciones nocivas si se presentan en cantidades del 1.0% o menor.
- Norma ASTM C 227: los resultados de este método de prueba, cuando son realizados con un cemento con alto contenido de álcalis, dan la información de la probabilidad de reacciones perjudiciales. El volumen de álcalis en el cemento debe encontrarse entre el 0.6% y el 0.8%, expresado en óxido de sodio. Las combinaciones de agregado y cemento que de forma común han provocado una expansión excesiva en esta prueba deben considerarse potencialmente reactivas. Mientras la línea de la expansión y la no expansión no se define claramente, en general se considera que la expansión es excesiva si excede de 0.05% en una prueba a tres meses, o 0.1% en una prueba a seis meses.
- Norma ASTM C 289: este ensayo describe un método químico para determinar la reactividad potencial de un agregado con los álcalis del cemento Portland. Los resultados de este método pueden ser obtenidos rápidamente, y aunque no son completamente fiables en todos los casos,

proveen datos valiosos muestran la necesidad de obtener información adicional a través de los métodos de la Norma ASTM C 227 y ASTM C 295.

- Norma ASTM C 586: este método se utiliza para determinar la reactividad potencial de los álcalis en rocas carbonáticas, cubre la determinación de las características expansivas de las rocas carbonáticas mientras éstas 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 está concebido como provisional más que como una especificación que deba cumplirse y solamente busca suplir información de registros de servicios de los agregados, de exámenes petrográficos y de otras pruebas.
- Norma ASTM C 342: este método está enfocado principalmente a determinar el potencial de expansión en la combinación de cemento y agregado, sujeto a las variaciones de temperatura y saturación de agua.

1.5.3 Componentes del cemento Portland

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

Tabla V. Composición y constitución del cemento Portland

Componente	Forma química	Composición (%)
Oxido de sílice	SiO ₂	14 – 22
Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	4 – 7
Óxido de hierro	Fe ₂ O ₃	2 – 4
Óxido de calcio	CaO	62 – 65
Trióxido de azufre	SO ₃	1.5 – 2
Oxido de magnesio	MgO	1 – 4
Óxidos alcalinos	Na ₂ O + K ₂ O	0.3 – 1

Fuente: **Muñoz Espinosa, Evaluación de propiedades físico mecánicas en concreto.**

Pág. 31

2. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL BANCO SELECCIONADO

En esta parte se describen las características físicas del banco de agregados en estudio, además se hace una descripción de la geología regional como guía para la elaboración de ensayos y exámenes o bien para referencia de estudios posteriores o anteriores. Por último, se presenta la ubicación del sitio y sus rutas de acceso.

2.1 Descripción de los bancos

Para realizar esta caracterización de agregados para concreto y morteros se escogió un banco. En este se extrae agregado fino y grueso, se denomina La Isla, está ubicado en la aldea (La Isla), del municipio de Santa Cruz Verapaz, en el departamento de Alta Verapaz. El banco a caracterizar se eligió debido por la importancia de su ubicación geográfica y volumen de extracción, además, se escogió porque no se tiene conocimiento de ensayos aplicados a este banco para así conocer el desempeño de los agregados que son extraídos del mismo lugar.

En el banco La Isla se tomaron dos muestras de cada agregado, esto se debió a que la extracción se hace de dos formas: con un sólo tipo de clasificación, a la primera forma de extraer muestras se le ha llamado "agregados clasificados", esta se hace removiendo el material con maquinaria, transportándola y colocándola en áreas ya establecidas, luego son tamizadas manualmente por jornaleros, con tamices hechizos desde 1 al 16 (1.19 mm); apilado nuevamente el material, para su distribución y venta, existe también una extracción no clasificada, de rocas de todo tamaño, extraídas de igual forma por maquinaria; luego son enviadas a triturar para homogenizar el tamaño que se desee y se procede con la clasificación mencionada anteriormente. (Ver figuras 1, 2 y 3).

Figura 1. Proceso de extracción manual del banco La Isla



Figura 2. Proceso de extracción mecánica del banco La Isla



Figura 3. Banco La Isla



2.2 Aspectos geológicos de la zona

El banco en estudio se encuentra en la provincia central del cinturón montañoso de Guatemala, dentro del denominado bloque maya, el cual forma parte de la Placa de Norte América. Esta zona es afectada por el sistema de la falla tectónica de Chixoy-Polochic, en ella afloran las formaciones Chochal, que consiste en caliza fosilífera y dolomita; Todos Santos, compuesta por conglomerado, arenisca arcósica, arenisca fina, limolita; y Cobán, que consiste de calizas de grano fino, muy recrystalizadas, encontrándose algunas veces masivas y muy fracturadas. Esta caliza es de color negruzco al intemperismo y gris en muestra sana, muchas veces contiene vetas características de calcita.

2.3 Tipo de banco

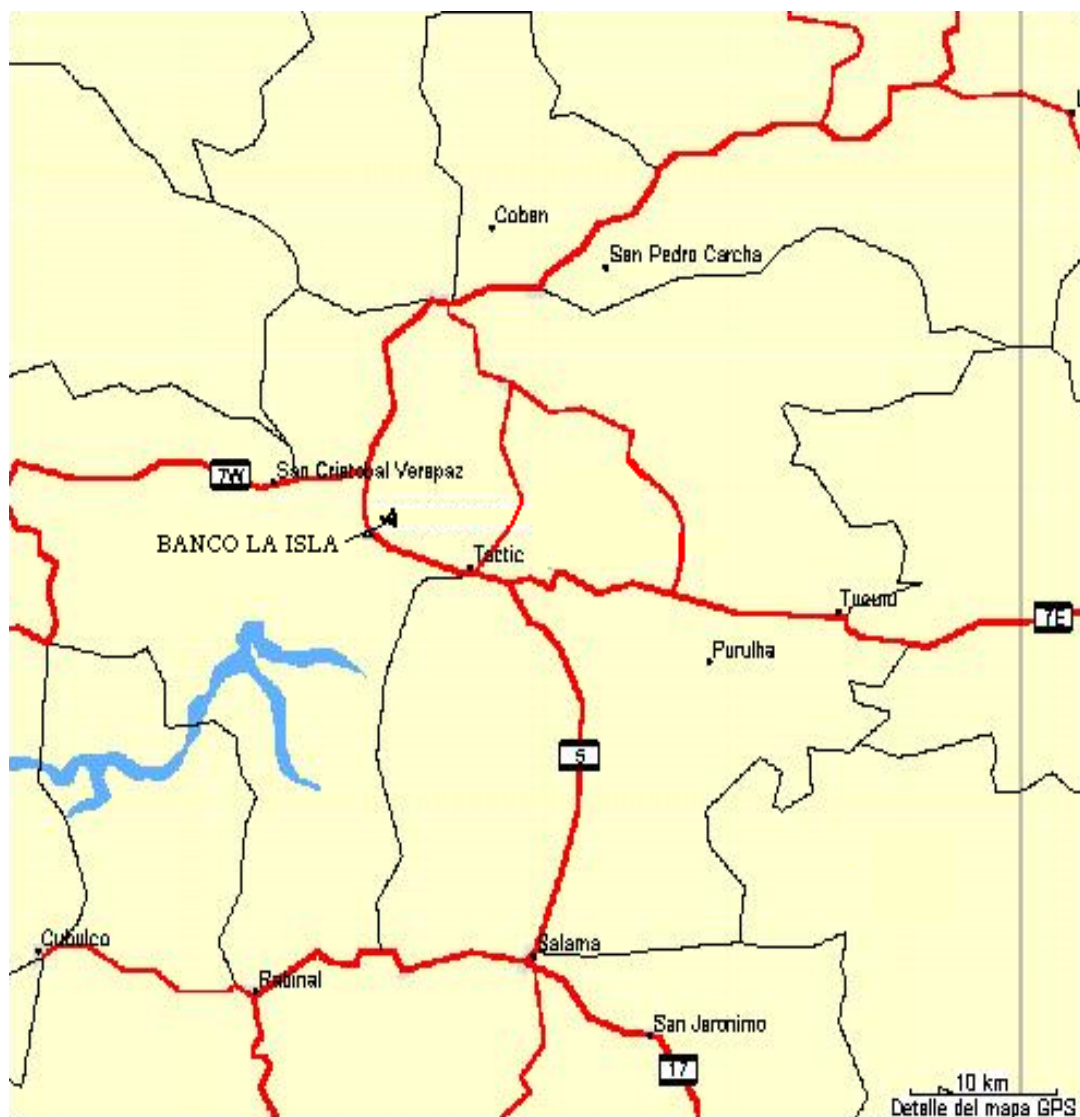
El banco está formado de rocas sedimentarias no clásticas o químicas. La Isla está conformada por calizas masivas muy fracturadas de color gris oscuro con vetas de calcita, por lo que de acuerdo con la información geológica de la zona, se concluye que forma parte de la formación Cobán, además contiene una ligera formación de estructura terrosa (ver figura 3).

2.4 Localización y ubicación

Este banco se localiza en el municipio de Santa Cruz Verapaz, en el departamento de Alta Verapaz. El banco La Isla se localiza en las coordenadas UTM. 15° 21'30 20" norte y 90°24'52 05" oeste, a una altura de 1,431 msnm.

El acceso a los bancos es por la carretera CA 14 que conduce hacia Cobán, Alta Verapaz. Para llegar al banco La Isla se toma el cruce hacia aldea La Isla en el km 194, el cual se encuentra a 1 km más adelante, siguiendo la ruta, pasando por la aldea La Isla. La ruta de acceso puede verse en el mapa de la figura 4 y figura 5.

Figura 4. Ubicación del banco en estudio



Fuente: MapSource **versión 4.10.2 Beta**

Figura 5. Localización y acceso al banco en estudio



Fuente: Google Earth versión 20

3 ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 Resultados para la caracterización de los agregados

Se obtuvo dos muestras de agregados directamente del lugar de extracción, dos del banco La Isla (agregados no clasificados), esta última muestra consiste en arena para la elaboración de morteros y levantado de concreto.

Las muestras fueron llevadas a la sección de Concretos del Centro de Investigaciones de Ingeniería donde se practicaron los ensayos de agregados, con base en las normas ASTM, para conocer sus distintas propiedades. Para analizar las propiedades físicas se practicaron las pruebas de granulometría, peso específico, peso unitario, peso unitario suelto, porcentaje de vacíos, porcentaje de absorción y contenido de materia orgánica.

Para conocer las propiedades químicas de estos agregados, se aplicó a las dos muestras el ensayo de reactividad potencial, según la norma ASTM C 289, y además se realizó el examen petrográfico en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas –Cesem-, utilizando un microscopio estereoscópico, el cual se complementó con un análisis de óxidos realizado en el Laboratorio de Química Industrial del CII (CaO y MgO).

3.1.1 Tabulación y análisis de resultados

A continuación se muestran los resultados de los ensayos y pruebas de laboratorio y su análisis respectivo con base en la teoría presentada en el marco teórico.

3.2 Resultados de la norma ASTM C 33

Se realizaron las pruebas básicas de agregados, según la especificación ASTM C 33, a las muestras de agregados en estudio. El orden en el que se presentan los resultados es el siguiente: primero se analiza el agregado fino y, seguidamente, el análisis del agregado grueso.

3.2.1 Agregado fino clasificado del banco La Isla

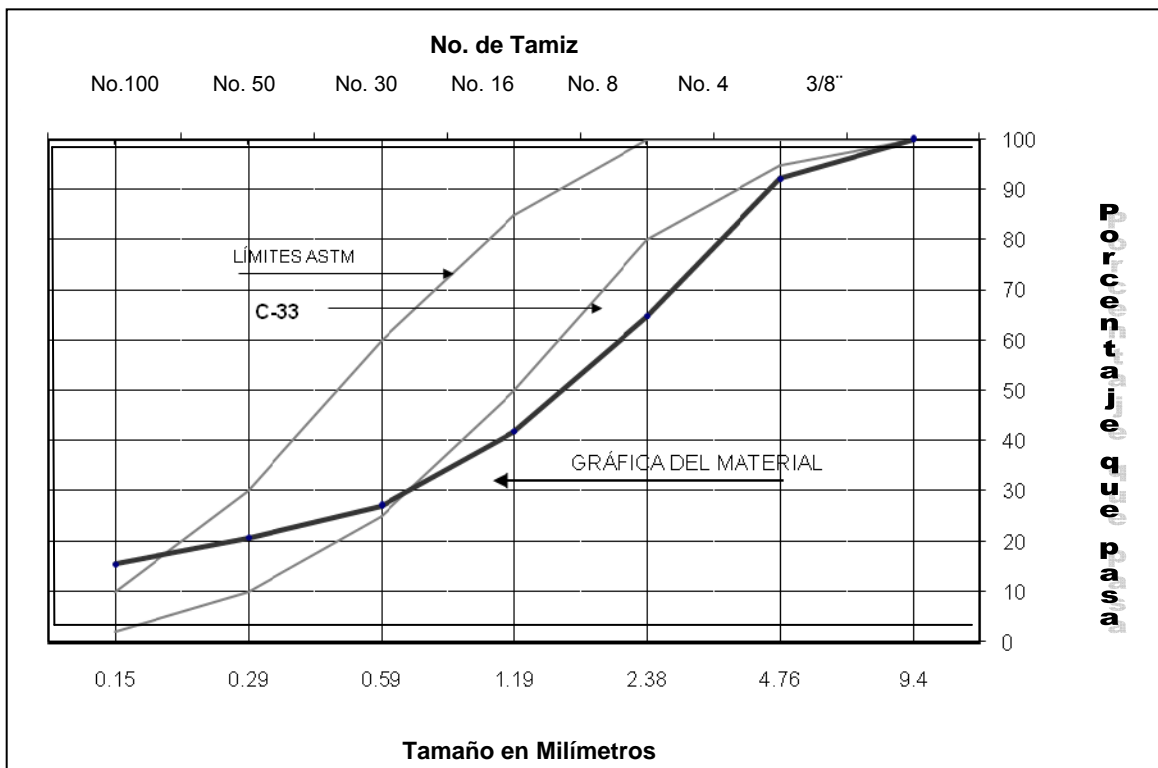
A continuación se presentan y analizan los resultados de los ocho ensayos de laboratorio que exige la especificación de la norma ASTM C 33 para el agregado fino.

En la tabla VI se muestra la granulometría del agregado clasificado del banco La Isla y su curva granulométrica en la figura 6, el resto de las propiedades físicas se presentan en la tabla VII, para luego hacer el análisis respectivo.

Tabla VI. Granulometría del agregado fino clasificado de La Isla

Tamiz No.	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
3/8" (9.4 mm)	00.01	00.01	99.99
No. 4 (4.76 mm)	7.73	7.74	92.26
No. 8 (2.38 mm)	27.36	35.10	64.90
No. 16 (1.19 mm)	22.98	58.08	41.92
No. 30 (600 μ m)	14.25	72.33	27.67
No. 50 (300 μ m)	6.95	79.28	20.72
No. 100 (150 μ m)	5.18	84.46	15.54
Fondo	15.53	99.99	----

Figura 6. Curva granulométrica del agregado fino clasificado de La Isla



Fuente: Informe de la norma ASTM C 33 para agregado fino del banco La Isla realizado en el CII.

Tabla VII. Características físicas de agregado fino clasificado de La Isla

Características físicas	Valores
Peso específico	2.78
Peso unitario compactado(kg/m ³)	1876.07
Peso unitario Suelto (kg/m ³)	1669.60
% de vacíos	32.51
% de absorción	0.91
Contenido de materia orgánica	1
% Retenido en Tamiz 6.35	17.00
% que pasa el tamiz 200	17.12
Módulo de finura	3.37

Análisis de resultados:

La prueba colorimétrica indicó que el agregado no contiene materia orgánica, indicando un color de valoración 1.

El porcentaje que pasa el tamiz no. 200 sobrepasa al límite especificado, el cual es 7 para arena manufacturada.

El módulo de finura debe estar entre 2.2 y 3.2, por lo tanto no cumple esta condición y se deberán realizar ajustes adecuados en la proporción granulométrica a efecto de que el material quede dentro de los rangos establecidos por las normas.

En la gráfica de la figura 1 se puede observar que la granulometría se cumple solamente en los tamices No. 50 y No. 30, por lo que se trata de una arena muy gruesa que no está dentro de la especificación.

El peso específico está entre los límites 2.4 y 2.9, lo cual demuestra que el material se encuentra dentro de los límites permisibles para el uso en la fabricación de concreto.

3.2.2 Agregado fino no clasificado del banco La Isla

Los ensayos, para el agregado fino no clasificado, del banco La Isla, fueron descartados, ya que, debido a la evaluación visual hecha por el personal del laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería, se concluyó que no llenaban las expectativas técnicas, para la realización de mezclas de concreto y morteros.

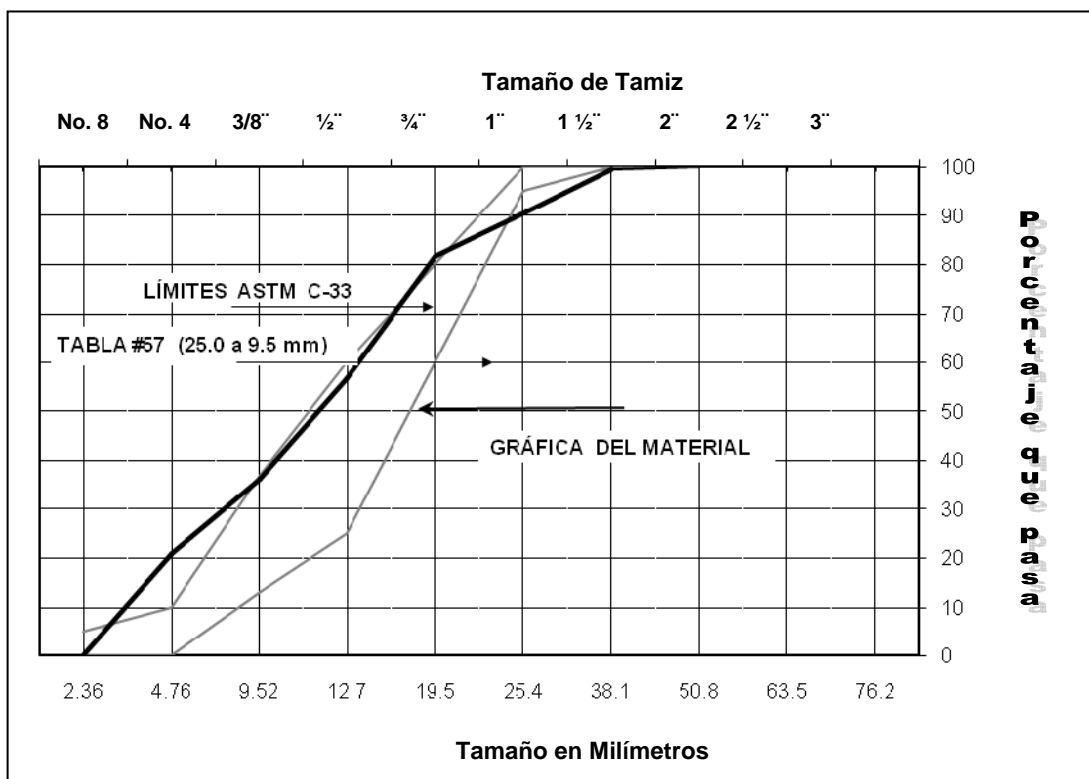
3.2.3 Agregado grueso clasificado del banco La Isla

Se practicaron ocho ensayos para el agregado grueso a las muestras de La Isla con base en la especificación de la norma ASTM C 33, los resultados de estos se presentan a continuación en las tablas VIII, IX y figuras 7.

Tabla VIII. Granulometría del agregado grueso clasificado de La Isla

Tamiz No.	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que pasa
1 ½ in. (37.5 mm)	00.04	00.04	99.60
1 in. (25.0 mm)	9.67	9.71	90.29
¾ in. (19.0 mm)	8.72	18.43	81.57
½ in. (12.5 mm)	24.86	43.29	56.71
⅜ in. (9.5 mm)	20.53	63.82	36.18
No.4 (4.75 mm)	16.18	80.00	20.00
No.8 (2.36 mm)	19.96	99.60	0.00

Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso clasificado La Isla



Fuente: Informe de la norma ASTM C 33 para agregado grueso entregado por el CII

Tabla IX. Características físicas del agregado grueso

Características físicas	Valores
Peso específico	3.17
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1680.38
Peso unitario Suelto (kg/m ³)	1571.57
% de vacíos	46.99
% de absorción	0.20
% tamiz 200	17.12

Análisis de resultados:

Según los límites que establece la norma ASTM C 33, se puede observar en la figura 6 que la mayor presencia de material retenido, se muestra en la granulometría y sus respectivos límites ($3/4''$, $1/2''$, $3/8''$).

Posee un peso específico fuera de los límites 2.4 y 2.9, siendo esta una característica importante para el diseño de concreto.

El porcentaje de absorción es bajo, mientras que el porcentaje de vacíos es alto, lo cual permite una adecuada dosificación del agua libre en el concreto.

3.2.4 Agregado grueso no clasificado del banco La Isla

La realización de los ensayos, para el agregado grueso no clasificado, del banco La Isla, fue descartada, ya que debido a la evaluación visual hecha por el personal del laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería, se concluyó que no llenaban las expectativas técnicas mínimas de confiabilidad, para la realización de mezclas para el concreto estructural y de obra civil.

3.3 Ensayos para determinar componentes y propiedades mineralógicas

Para determinar los componentes y propiedades mineralógicas de las muestras se realizaron tres análisis, el primero fue el ensayo de reactividad potencial en el Laboratorio de Química Industrial del CII, el cual se efectuó para la arena como la grava. Luego se realizó el examen petrográfico para conocer la composición mineralógica de las muestras, sin embargo, por ser estas rocas sedimentarias el examen petrográfico tuvo que complementarse con un análisis químico para catalogar la muestra.

Para los ensayos de propiedades químicas se hizo una distinción necesaria, con el fin de distinguir entre agregado fino y grueso, ya que dichas características, aunque tiene mucho en común y son propias del mismo tipo de roca, se prefirió examinar por separado, tamizando la del agregado fino y pulverizando el agregado grueso, en la máquina de los ángeles.

3.3.1 Ensayo de reactividad potencial ASTM C 289

Se realizó el ensayo de reactividad potencial a dos muestras, para determinar la capacidad reactiva potencial de incremento de volumen a mediano y largo plazo de sus componentes silícicos con los álcalis (Na_2O y K_2O) del cemento Portland. Los resultados se muestran en la tabla X.

Tabla X. Resultados del ensayo de reactividad potencial, ASTM C 289

Muestra	Resultado
La Isla: agregado grueso	Inocuo
La Isla: agregado fino	Inocuo

3.3.2 Examen petrográfico del banco La Isla

La primera parte del examen petrográfico consistió en una inspección macroscópica de las muestras de agregado grueso, vertiendo sobre las muestra del agregado grueso, gotas de Ácido clorhídrico (HCl), de las cuales se tuvo una reacción sin alteraciones físicas y una ligera espuma en las betas de caliza, la cual es normal. Luego se realizó el análisis microscópico para el agregado fino, posteriormente las muestras fueron llevadas a los laboratorios de química del CII, para realizar un análisis químico de los contenidos de calcio y magnesio, con el cual se caracterizaron los tres tipos de roca, de las cuales está compuesto el agregado.

Por tanto las características macroscópicas fueron las siguientes:

Tabla XI. Características macroscópicas

Características macroscópicas	
Tipo	Roca Sedimentaria
Grupo	Carbonatos
Color	Coloraciones pastel café y gris, con vetas de calcita
Nombre	Caliza

El análisis con microscopio estereoscópico de un conteo de 150 partículas se aplicó a los tamices No. 100, No. 50, No. 30 y No. 16, se pudieron identificar dos tipos de partículas, la roca identificada propiamente como caliza y el mineral calcita, haciendo entre ellos una brecha de calcita, la cual tendía a desaparecer, conforme se volvía más fino el tamiz por el cual el material pasaba. Para los tamices No. 4 y No. 8 no podía distinguirse la división entre estas dos partículas, por que los granos retenidos en estos tamices son compactos y grandes. Los resultados de este análisis se muestran en la gráfica de la figura 8 en forma de porcentaje y el número de partículas en la tabla XI.

Figura 8. Componentes minerales de la muestra de La Isla para cada número de tamiz

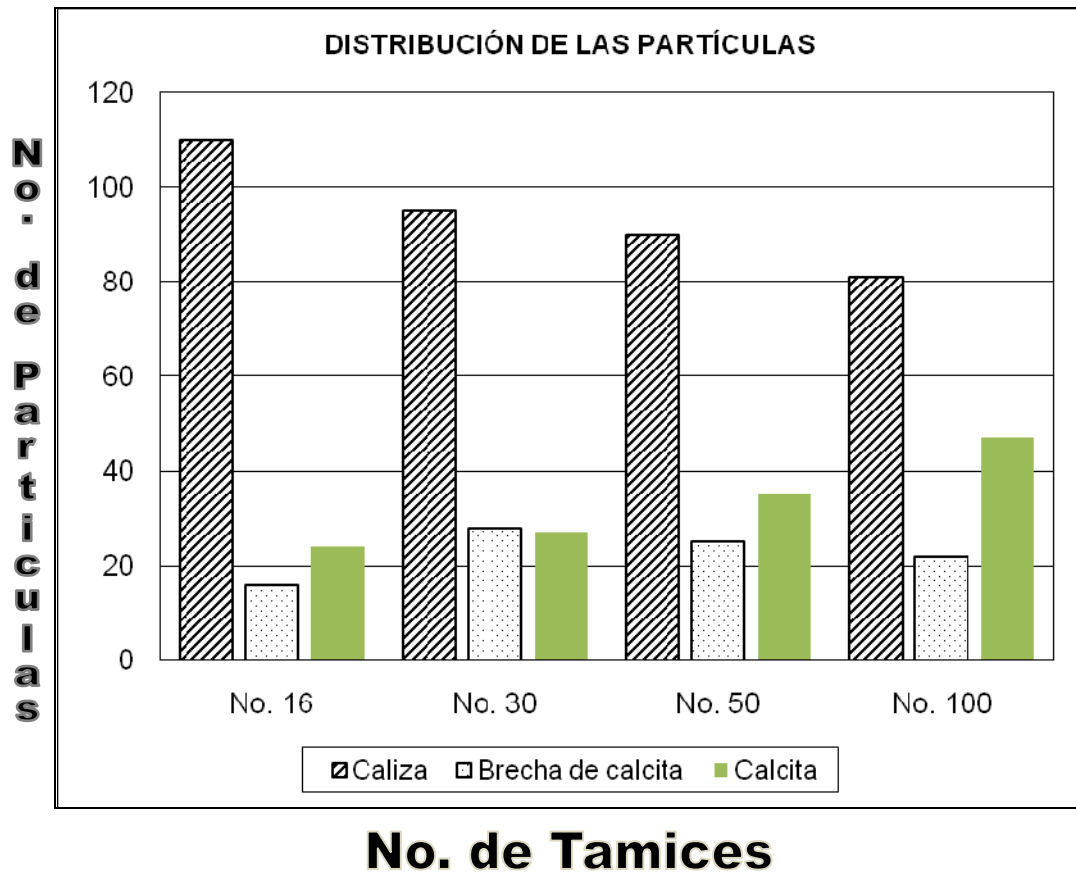


Tabla XII. Número de partículas por tamiz

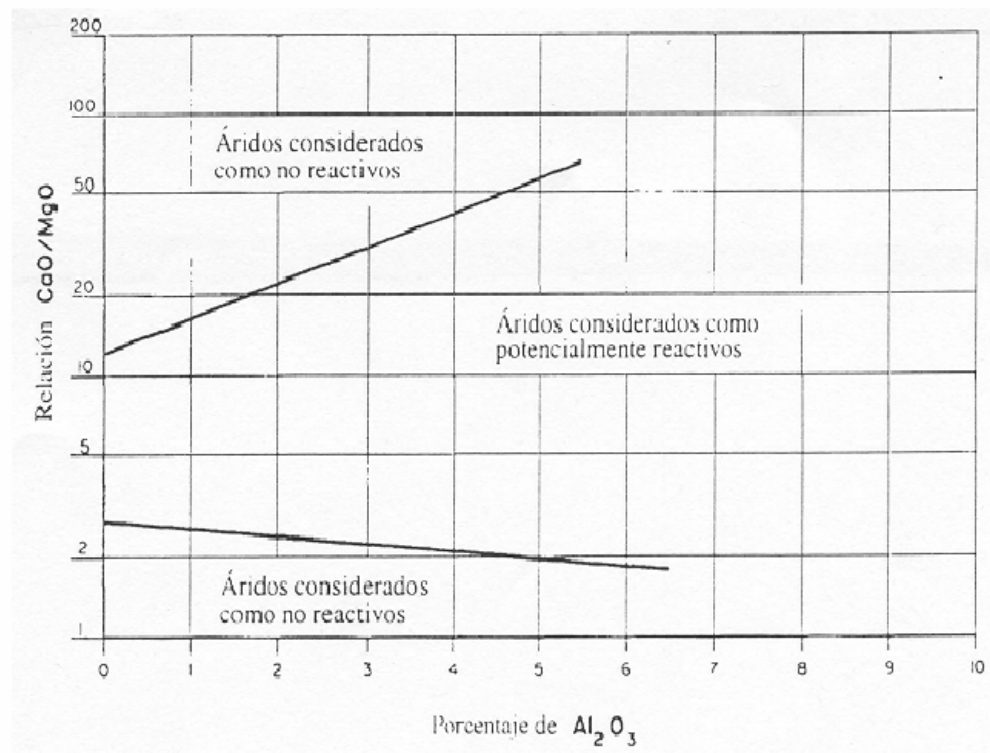
Tipo	Tamices			
	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Caliza	110	95	90	81
Brecha de calcita	16	28	25	22
Calcita	24	27	35	47
Total	150	150	150	150

La norma de clasificación de rocas y minerales ASTM C 294, para usos en agregados, indica que la calcita (carbonato de calcio CaCO_3) es un componente inocuo en las rocas, el cual no produciría reacciones expansivas en el concreto, por lo que esta roca es apta para ser usada, desde el punto de vista mineralógico.

3.4 Ensayos para determinar componentes y propiedades químicas

El ensayo que se desarrolló para el material del banco La Isla, fue el análisis de óxido de calcio (CaO) y el óxido de magnesio (MgO), el mismo fue solicitado por el área del CESEM, para determinar si la roca contenía presencia dolomítica, ya que debido a que estos agregados son triturados y provienen de la misma roca, el examen petrográfico se realizó considerando el agregado grueso y fino como una sola muestra. Para la caracterización de la roca se contó con el análisis de óxido de calcio y óxido de magnesio, el cual dio como resultado: 36.05% de óxido de calcio (CaO) y 38.97% de óxido de magnesio (MgO), esta relación CaO/MgO da (0.92%), siendo un resultado muy bajo para pertenecer a una dolomita, considerándole un material “árido no reactivo”; los límites porcentuales, entre 2.35% y 12%, la convertirían, en un material “árido considerado como potencialmente reactivo”, lo cual no fue el caso.

Figura 9. Reactividad álcali - carbonato



Fuente: **Diana Carolina Sierra Lemus, Sustancias reactivas nocivas en los agregados para concreto. Pág. 42**

Esto da como resultado que el material se adapta a la composición química de una calcita, debido a que el incremento de calcio y magnesio no superó la proporción en porcentajes, según la norma establecida en ASTM C294-86, inciso 11, vista en la figura 9.

4. ELABORACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO Y MORTEROS PARA VERIFICAR LA RESISTENCIA MECÁNICA

Luego de haber realizado los ensayos de agregados, se procedió a comprobar su desempeño real fabricando mezclas de concreto y mortero, las cuales fueron elaboradas y probadas tal y como lo establecen las normas. Para contar con una verificación completa de la calidad de estos agregados se hicieron tres tipos de ensayos en la Sección de Concretos, Morteros y Aglomerantes del CII, estos fueron: ensayo de concreto a compresión y ensayos de morteros a compresión y tensión.

4.1 Ensayo de concreto a compresión

En este ensayo se realizaron dos pruebas, donde se utilizaron las muestras del banco La Isla para agregados clasificados. Se fabricaron dos grupos de nueve (9) cilindros de concreto, con diferentes proporciones, elaborándose ambos grupos, como lo especifica la norma ASTM C 39 para una resistencia de 210 kg/cm^2 (3000 psi). Luego estos fueron curados y ensayados a los 3, 7 y 28 días. Los resultados se muestran a continuación.

4.1.1. Banco La Isla: agregado clasificado

Se fabricó la primera mezcla con las características siguientes:

Tabla XIII. Proporción de la mezcla (peso) 1 : 2.30 : 3.00 : 0.60.

Proporción de la mezcla de concreto		
Arena Pu suelto	1,669.60 kg/m^3	104.23 lb/pe^3
Grava Pu suelto	1,571.57 kg/m^3	98.11 lb/pe^3
f'c	210 kg/cm^2	3,000 psi
Asentamiento	7.62 cm	3 plg
Pu concreto	2,526.66 kg/m^3	157.73 lb/pe^3
Cemento UGC	281 kg/cm^2	4,000 psi

Los cilindros fueron ensayados en grupos de 3, para obtener una buena representatividad, debido a que el ACI especifica 2 cilindros de 15 x 30 cm o 3 cilindros de 10 x 20 cm, de esta forma puede tenerse un punto de comparación en caso de error al realizar el ensayo. Los resultados de las pruebas se muestran en la tabla XII.

Tabla XIV. Resultados del ensayo a compresión del concreto utilizando agregados clasificados

Cilindro	Edad	Peso (kg)	Diámetro (cm)	f 'c (kg/cm ²)	f 'c (PSI)
A	3	0.528	5.253	87.89	1250.14
B	3	0.522	5.263	83.39	1186.09
C	3	0.525	5.240	82.03	1166.75
D	7	0.517	5.243	96.63	1374.42
E	7	0.516	5.247	98.61	1402.52
F	7	0.520	5.250	100.58	1430.54
G	28	0.523	5.253	159.05	2262.15
H	28	0.531	5.243	165.96	2360.42
I	28	0.524	5.267	139.50	1984.18

Posterior a los resultados que obtuvo la primera prueba, y no cumpliendo estos con la resistencia esperada, se realizó la segunda prueba con el siguiente diseño de mezcla, el cual considera los siguientes elementos, a mostrarse en la Tabla XIII:

Tabla XV. Diseño Teórico de mezcla para concreto de 210 kg/cm²

- Resistencia nominal	210 kg/cm ²		
- Resistencia promedio requerida	246 kg/cm ²		
- Relación agua/cemento	0,57		
- Datos de Mezcla			
CONCRETO NORMAL f'c = 210 kg/cm²			
MATERIALES	PROPORCIÓN EN PESO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN(LITROS)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN (kg/m³)
CEMENTO	1	42.5 kg.	342,11
ARENA	2,29	58,22	782,42
PIEDRÍN / GRAVA	3,16	85,41	1080,48
AGUA/CEMENTO	0,57	24,23	195,00

Tabla XVI. Proporción de la mezcla (peso) 1 : 2.29 : 3.16 : 0.57.

Proporción de la mezcla de concreto		
Arena Pu suelto	1,669.60 kg/m ³	104.23 lb/pie ³
Grava Pu suelto	1,571.57 kg/m ³	98.11 lb/pie ³
f _c	210 kg/cm ²	3,000 psi
Asentamiento	8.89 cm	3.5 plg
Pu concreto	2,526.66 kg/m ³	157.73 lb/pie ³
Cemento UGC	281 kg/cm ²	4,000 psi

Los cilindros fueron ensayados en grupos de 3 para obtener una buena representatividad, debido a que el ACI-318R-99, especifica 2 cilindros de 15 x 30 cm o 3 cilindros de 10 x 20 cm, de esta forma puede tenerse un punto de comparación en caso de error al realizar el ensayo. Los resultados de las pruebas se muestran en la tabla XIV.

**Tabla XVII. Resultados del ensayo a compresión del concreto utilizando
agregado clasificado para concreto de 210 kg/cm²**

Cilindro	Edad	Peso (kg.)	Diámetro (cm)	Carga (lbs.)	f 'c (kg/cm ²)	f 'c (PSI)
A	3	11.862	15.080	32,500	82.54	1173.97
B	3	11.927	15.070	32,000	81.38	1157.45
C	3	11.451	15.067	32,500	82.69	1176.05
D	7	11.990	15.137	42,500	107.13	1523.72
E	7	12.160	15.187	40,000	100.16	1424.66
F	7	12.765	15.083	44,000	111.70	1588.68
G	28	12.870	15.033	85,000	217.21	3089.48
H	28	12.730	15.033	75,000	191.66	2726.02
I	28	<u>CILINDRO DE BAJA RESISTENCIA</u>				

Análisis de resultados:

Al observar los resultados de los cilindros elaborados bajo el segundo diseño de mezcla que proporciona la tabla XVI, se observan tres situaciones: la primera es acerca del aumento de resistencia en el concreto a partir de los 28 días, obteniendo la forma ideal en la cual una mezcla garantiza su eficiencia, desplazando por completo los resultados de la primera prueba de la tabla XII, en segundo la observación acerca de la importancia en la elaboración de los cilindros de concreto en el momento del llenado de concreto, y su apisonamiento al momento de construir, evitando de tal forma desechar cilindros de baja resistencia; y por último, la resistencia promedio requerida, está basada en la desviación estándar del ACI 214 tabla 3.5, sección 5, 3.2, en donde se recomienda su utilización bajo condiciones de laboratorio.

4.1.2 Banco La Isla: agregado no clasificado

La dosificación para agregados no clasificados no se fabricó, ya que como se explicó al inicio del presente capítulo, las características con las cuales cuenta el material, que se extrae directamente del banco La Isla, aunque posee las propiedades físicas necesarias para utilizarse, no posee las características especificada en normas, para realizar la mezcla de una forma técnica y profesional. Además, la gran cantidad de material sustraído del banco, está expuesta a meteorización del material con sustancias nocivas como: la arcilla, ya que evita adherencia con el aglomerante, dando un aumento en el módulo de finura y de esta manera se incrementa la relación agua-cemento a utilizar en la mezcla de concreto.

4.2 Ensayo de morteros a compresión

El ensayo de mortero a compresión se realizó fabricando cubos de mortero, de 2" de lado, en proporción 1:3:0.40 como lo especifica el método de prueba ASTM C 109, ensayando tres cubos a las edades de 3, 7 y 28 días. El cemento utilizado fue Tipo I, según ASTM C-595.

4.2.1 Banco La Isla: agregado fino clasificado

Se fabricaron 9 cubos de mortero de 2" de lado, utilizando arena clasificada con la proporción 1 : 2.75 : 0.58, la cual fue diseñada con el objetivo de obtener un $f'c$ de 3,000psi (210 kg/cm²), proveyendo mayor adherencia entre partículas y elementos en mampostería reforzada, utilizando de esta forma el material retenido en el tamiz No. 30. Los resultados de los ensayos se muestran en la tabla XV. Las cantidades en peso de materiales fueron 740 gr cemento, 2035 gr arena y 427 ml de agua.

Tabla XVIII. Resultados de mortero a compresión para el agregado fino clasificado

No.	EDAD EN DÍAS	CARGA (kg)			CARGA PROMEDIO (kg)	ÁREA (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (PSI)
		CUBO 1	CUBO 2	CUBO 3				
1	3	3230	3260	3220	3236.67	25.8064	125.42	1783.87
2	7	5360	5440	5440	5500.00	25.8064	213.12	3031.25
3	28	8075	7938	8210	8074.33	25.8064	312.88	4450.15

Análisis de resultados

El incremento de la resistencia ha sido notorio en cada una de las edades en las que han sido evaluados los cubos: esto entrega información confiable acerca de la resistencia a la compresión a la cual fue sometida la mezcla.

4.2.2 Banco La Isla: agregado fino no clasificado

El agregado fino no clasificado no tiene lo necesario para ser evaluado por los métodos técnicos de elaboración de morteros, por lo tanto, se tomó la decisión de no realizar el análisis con el material antes mencionado, por el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

4.3 Ensayo de morteros a tensión

Se decidió realizar los análisis de morteros a tensión, para lograr más información y mayor grado técnico en el estudio de morteros, por lo tanto, se elaboraron los ensayos a tensión, según la norma ASTM C 190, la cual describe el procedimiento de fabricación de los morteros y elaboración de briquetas para tal ensayo. Como lo indica la norma, se ensayaron tres briquetas por cada prueba a los 3, 7 y 28 días.

4.3.1 Banco La Isla: agregado fino clasificado

Se fabricó mortero en proporción 1:2.75:0.58, utilizando cemento Tipo I (4000 psi o 281 kg/cm²), con el objetivo de proveer mayor adherencia entre partículas, utilizando de esta forma el material retenido en el tamiz No. 30: las cantidades de material para elaborar la mezcla fueron 740 gr cemento, 2035 gr arena y 427 ml de agua. Los resultados del ensayo de briquetas del agregado fino clasificado se muestran en la tabla XVI.

Tabla XIX. Resultados de mortero a tensión para el agregado fino clasificado

No.	EDAD EN DÍAS	CARGA (kg)			CARGA PROMEDIO (lb)	ÁREA (plg ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (PSI)
		BRIQUETA 1	BRIQUETA 2	BRIQUETA 3				
1	3	315	305	295	305.00	1.00	21.44	304.94
2	7	340	340	335	338.33	1.00	23.79	338.37
3	28	600	580	550	576.67	1.00	40.54	576.61

Análisis de resultados

Los resultados que proporciona en kg/cm^2 y psi, el agregado fino, en los ensayos a tensión, muestran un incremento del 50% en relación con las pruebas de 3 días con las de 28 días, experimentando un valor superior a los 40 kg/cm^2 , demostrando que la realización de las briquetas en el laboratorio han sido bien elaboradas, con base en la norma ASTM C 190.

4.3.2 Banco La Isla: agregado fino no clasificado

El agregado fino no clasificado, no tiene lo necesario para ser evaluado, por los métodos técnicos de elaboración de morteros; por lo tanto, se tomó la decisión de no realizar el análisis con el material antes mencionado, por el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con la especificación ASTM C33-01, el agregado fino clasificado del banco La Isla posee propiedades mecánicas como: ser retenido en dos tamices, No. 50 y No. 30, dando como resultado una arena gruesa que no entra en especificación y utilización en construcciones de concreto.
2. La colorimetría que presenta el material es adecuada, para su utilización en el campo de la construcción, ya que no presenta rastro alguno de materia orgánica.
3. El módulo de finura no cumple con los límites y, por lo tanto, se deberán realizar los ajustes adecuados para obtener una proporción granulométrica adecuada para la realización del concreto.
4. El peso específico cumple con los límites permisibles, para realizar una mezcla de concreto adecuada, en relación con el volumen.
5. De acuerdo con la especificación ASTM C33-01, el agregado grueso clasificado del banco La Isla posee propiedades mecánicas, como la granulometría, ingresando en tres los límites que establece la norma como: 3/4", 1/2" y 3/8".
6. El peso específico del agregado grueso se encuentra fuera de los límites aceptables para realizar una mezcla de concreto adecuada.

7. El porcentaje de absorción del material es bajo, dando pocas probabilidades a la retención de humedad y brindando mayor permeabilidad.
8. El porcentaje de vacíos es alto, esto permite una dosificación adecuada con agua libre en el concreto.
9. La norma de clasificación de rocas y minerales para usos como agregados ASTM C 294 indica que la calcita (carbonato de calcio CaCO_3) es un componente inocuo en las rocas, mientras que en el caso de la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) es considerada deletérea, lo cual puede causar reacciones expansivas en el concreto, esta última no se encontró en el material analizado.
10. Con base en normas y especificaciones internacionales y nacionales, es evidenciable la importancia del estudio de los materiales tanto física, mecánica, química y mineralógicamente, en los ensayos de cilindros de concreto y de morteros, en los bancos de materiales.
11. La relación química que se encontró entre el calcio y el magnesio demuestra la inocuidad al material y libre de contaminantes para un agregado grueso y fino clasificado de buena calidad. Al estudiar el material con base en norma ASTM C294-86, lo considera árido mas no reactivo con la relación agua/cemento, adaptándose químicamente a la elaboración del concreto.
12. De acuerdo con las características que presentan los mismos, con esos agregados es posible preparar concretos que proporcionen una resistencia adecuada para la construcción, con una debida supervisión.

RECOMENDACIONES

1. Controlar la granulometría del agregado fino clasificado, por parte del contratista que utilizará el material, para que pueda cumplir con una arena menos gruesa, recomendando utilizar el tamiz o grilla No. 30 (600 μ m) para este banco, y poder así realizar una mezcla de concreto apropiada y acorde a sus necesidades.
2. Para la utilización del agregado grueso clasificado, se deberá mezclar con un agregado fino clasificado, que cumpla con los límites de finura, para lograr una mejor adherencia de las partículas al momento de la fundición.
3. La utilización del material en mezclas de concreto es recomendada, ya que no posee minerales dañinos, que puedan generar problemas en las estructuras a corto, mediano y largo plazo.
4. El análisis químico y mineralógico indica los agregados clasificados, libres de contaminantes, mas no especifica la utilización de químicos (acelerantés, desencofrantés, etc.) en el concreto; esto será utilizado con base en el criterio del ingeniero supervisor y su correcta implementación de químicos en el concreto de la obra.
5. Para poder utilizar los agregados del banco la Isla es necesario intervenirlos industrialmente para mejorar sus características físicas que permitan producir mezclas de resistencias adecuadas para elementos estructurales de concreto.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Volumen 04.01, 04.02. y 04.05 EEUU.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. Gaitán Orozco, Sergio. Análisis mineralógico y examen petrográfico de agregado fino para concreto de tres bancos en la región central del país. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería
4. Meza Ligorria, Edwin Lizandro. Cartografía geológica y estudio microfacial del límite entre las formaciones Todos Santos (Jurásico) y Cobán (Cretácico), Pueblo Viejo (Chixoy), Tactic, Alta Verapaz, Guatemala C.A. Tesis Ing. Civil. Cobán, Alta Verapaz, Centro Universitario del Norte -CUNOR-, 1997. 29 pp.
5. Salguero Girón, Raúl Armando. Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 55 pp.
6. Sierra Lemus, Diana Carolina. Sustancias nocivas en los agregados para concreto. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 42 pp.

ANEXOS

A continuación se presentan los informes originales de los ensayos de laboratorio entregados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería:

- Especificaciones generales ASTM C 33 para agregado fino y grueso
- Análisis de óxidos de calcio y magnesio
- Reactividad potencial (ASTM C 289)
- Ilustración sobre reactividad potencial, con límites de un material deletéreo e inocuo
- Ensayos de concreto a compresión (C 39), mortero a compresión y tensión (ASTM C 109 y 190)
- Fotografías de los ensayos:
 - Cilindros a compresión
 - Morteros a compresión
 - Morteros a tensión

Figura 10. Informe de la norma C 33 para el agregado fino clasificado



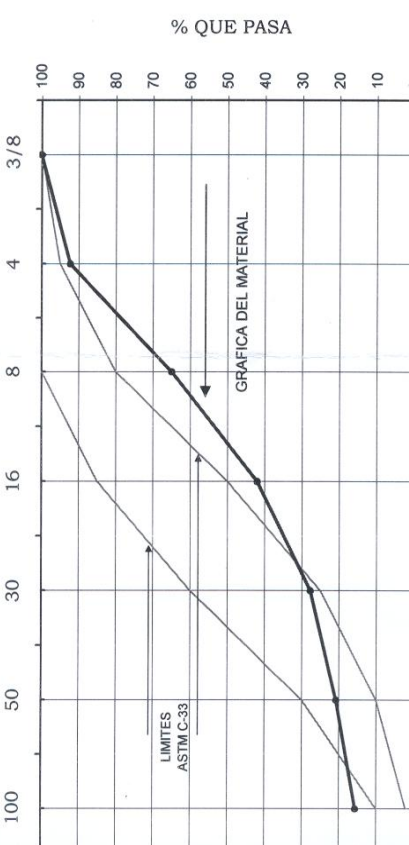


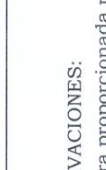

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA																					
AGREGADO FINO PARA CONCRETO		INFORME No.																			
INTERESADO: Otto Javier Sarg Rodriguez Carne. No 2000-11167		PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Caracterizacion fisica y mecanica del agregado del Banco la Isla del Municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz"																			
MUESTRA: Agregado Fino		FECHA: 13/07/2009	O.T. No. 25290																		
		LAB.: Concretos																			
CARACTERISTICAS FISICAS: <table border="1"> <tr> <td>Peso Especifico</td> <td>2.78</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario (kg/m³)</td> <td>1876.07</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td> <td>1669.60</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Vacíos</td> <td>32.51</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Absorción</td> <td>0.91</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Materia Orgánica</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>% Retenido en Tamiz 6.35</td> <td>17.00</td> </tr> <tr> <td>% que pasa Tamiz 200</td> <td>17.12</td> </tr> <tr> <td>Modulo de Finura</td> <td>3.37</td> </tr> </table>				Peso Especifico	2.78	Peso Unitario (kg/m ³)	1876.07	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1669.60	Porcentaje de Vacíos	32.51	Porcentaje de Absorción	0.91	Contenido de Materia Orgánica	1	% Retenido en Tamiz 6.35	17.00	% que pasa Tamiz 200	17.12	Modulo de Finura	3.37
Peso Especifico	2.78																				
Peso Unitario (kg/m ³)	1876.07																				
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1669.60																				
Porcentaje de Vacíos	32.51																				
Porcentaje de Absorción	0.91																				
Contenido de Materia Orgánica	1																				
% Retenido en Tamiz 6.35	17.00																				
% que pasa Tamiz 200	17.12																				
Modulo de Finura	3.37																				
OBSERVACIONES: <ul style="list-style-type: none"> a) Muestra proporcionada por el interesado. b) Contenido de materia organica máximo permisible No. 3. c) Procedencia: La Isla del Municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz. 																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamiz No.</th> <th>9.40</th> <th>4.76</th> <th>2.38</th> <th>1.19</th> <th>0.59</th> <th>0.29</th> <th>0.15</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>99.99</td> <td>92.26</td> <td>64.90</td> <td>41.92</td> <td>27.67</td> <td>20.72</td> <td>15.54</td> </tr> </tbody> </table>				Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15	% Que pasa	99.99	92.26	64.90	41.92	27.67	20.72	15.54		
Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15														
% Que pasa	99.99	92.26	64.90	41.92	27.67	20.72	15.54														
																					
Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales Directora CII/USAC																					
Nuevos Teléfonos: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Tels. (502) 2418-8000 ext. 8821 y 88209 Direcos. (502) 2418-9115 - 2418-9121 Inga. Dilma Yanet Mojicanos Jbl Jefa Sección de Concretos																					
																					

Figura 11. Informe de la norma C 33 para el agregado grueso clasificado

 AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">INFORME No.</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">PROYECTO:</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Oto Javier Sarg Rodriguez Carné No. 2000-11167</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Trabajo de Graduación "Caracterización física y mecánica del agregado del Banco la Isla del Municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz"</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Muestra: Agregado Grueso</td> <td style="text-align: center;">Fecha: 13/07/2009</td> <td style="text-align: center;">O.T. No. 25290</td> <td style="text-align: center;">Lab. Concretos</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">S.C. - 649</td> </tr> </table>	INFORME No.		PROYECTO:		Oto Javier Sarg Rodriguez Carné No. 2000-11167		Trabajo de Graduación "Caracterización física y mecánica del agregado del Banco la Isla del Municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz"		Muestra: Agregado Grueso	Fecha: 13/07/2009	O.T. No. 25290	Lab. Concretos	S.C. - 649																																																																																																											
INFORME No.		PROYECTO:																																																																																																																							
Oto Javier Sarg Rodriguez Carné No. 2000-11167		Trabajo de Graduación "Caracterización física y mecánica del agregado del Banco la Isla del Municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz"																																																																																																																							
Muestra: Agregado Grueso	Fecha: 13/07/2009	O.T. No. 25290	Lab. Concretos																																																																																																																						
S.C. - 649																																																																																																																									
INTERESADO: Oto Javier Sarg Rodriguez Carné No. 2000-11167	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="10" style="text-align: center;">CARACTERISTICAS FISICAS:</td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico</td> <td colspan="9" style="text-align: center;">3.17</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario (kg/m³)</td> <td colspan="9" style="text-align: center;">1680.38</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td> <td colspan="9" style="text-align: center;">1571.57</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Vacios</td> <td colspan="9" style="text-align: center;">46.99</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Absorcion</td> <td colspan="9" style="text-align: center;">0.20</td> </tr> <tr> <td>% tamiz 200</td> <td colspan="9" style="text-align: center;">17.12</td> </tr> <tr> <td>% Desgaste por Sulfato de Sodio</td> <td colspan="9" style="text-align: center;">-----</td> </tr> <tr> <td>% Desgaste por Abrasión</td> <td colspan="9" style="text-align: center;">-----</td> </tr> <tr> <td>% Particulas Planas y alargadas</td> <td colspan="9" style="text-align: center;">-----</td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="10" style="height: 20px;"></td> </tr> </table>	CARACTERISTICAS FISICAS:										Peso Especifico	3.17									Peso Unitario (kg/m ³)	1680.38									Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1571.57									Porcentaje de Vacios	46.99									Porcentaje de Absorcion	0.20									% tamiz 200	17.12									% Desgaste por Sulfato de Sodio	-----									% Desgaste por Abrasión	-----									% Particulas Planas y alargadas	-----																												
CARACTERISTICAS FISICAS:																																																																																																																									
Peso Especifico	3.17																																																																																																																								
Peso Unitario (kg/m ³)	1680.38																																																																																																																								
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1571.57																																																																																																																								
Porcentaje de Vacios	46.99																																																																																																																								
Porcentaje de Absorcion	0.20																																																																																																																								
% tamiz 200	17.12																																																																																																																								
% Desgaste por Sulfato de Sodio	-----																																																																																																																								
% Desgaste por Abrasión	-----																																																																																																																								
% Particulas Planas y alargadas	-----																																																																																																																								
OBSERVACIONES: *Muestra proporcionada por el Interesado.	<div style="text-align: right; margin-bottom: 10px;"> Vo.Bo. _____ Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CH/USAC </div> <div style="text-align: center;">  </div>																																																																																																																								



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA

Figura 12. Informe de la evaluación de óxidos de calcio y magnesio por métodos complejo métricos



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



Nº 004619

O.T. No. 25781

Informe Lab. No. 48-09

Interesado: Otto Javier Sarg Rodriguez

Muestra: 1 Roca Pulverizada

Fecha: 26 Agosto de 2009.

Determinación de óxidos de calcio y magnesio por métodos complejométricos.

Parámetro*	Porcentaje (%)
Calcio (% CaO)	36.05 ± 0.54
Magnesio (%MgO)	38.97 ± 0.38

* Muestra proporcionada por el interesado

Ing. César Alfonso García Guerra
Jefe de Sección de Química Industrial



Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora

Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC



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 13. Informe de reactividad potencial del banco La Isla



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



Nº 004566

O.T. No 25522

No. Informe Lab. 033-09

Interesado: Otto Javier Sarg Rodríguez
Muestra: 2 Muestras agregado fino y grueso
Fecha: Guatemala, 20 de julio 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
Agregado Fino	130.87 ± 15.74	33.3 ± 0.008	INOCUO
Agregado Grueso	404.07 ± 0.800	153.15 ± 0.042	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 14. Ilustración sobre la división de un material deletéreo e inocuo



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

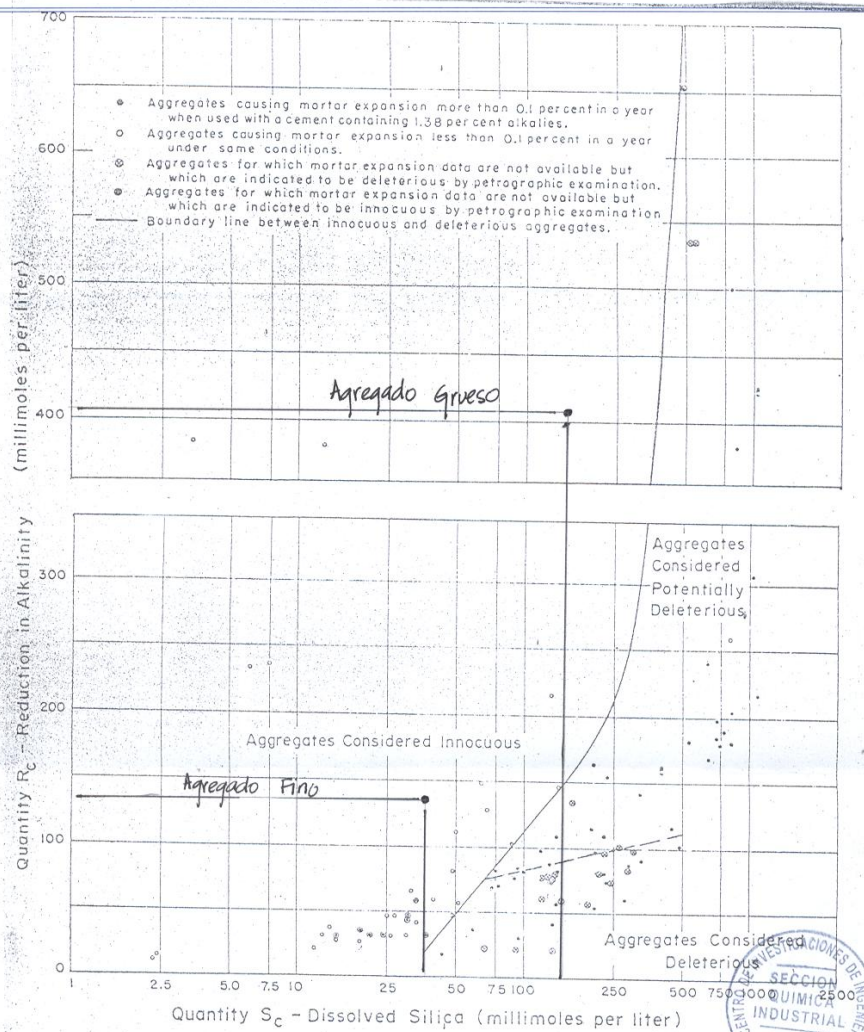


FIG. 2 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

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>

Figura 15. Informe de la resistencia de cilindros de concreto



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



Nº 009330

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

NORMA ASTM C-39

INFORME No. S. C. - 1043

O.T. No. 25849

HOJA 1/1

INTERESADO: Otto Javier Sarg Rodriguez, Carnet No. 2000-11157

ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION

Trabajo de Graduacion "Caracterizacion fisica y mecanica del agregado del banco la Isla del municipio de Santa Cruz, Alta verapaz"

PROYECTO:

DIRECCION: Municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz

FECHA: 7 de Octubre de 2009

No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD EN DIAS	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO EN kg	DIAMETRO EN cm	RESISTENCIA kg/cm2	RESISTENCIA lb/plg2
a	7-10	01/09/09	3	Control de calidad	0.528	5.253	87.89	1250.14
b	8-10	01/09/09	3	Control de calidad	0.522	5.263	83.39	1186.09
c	9-10	01/09/09	3	Control de calidad	0.525	5.240	82.03	1166.75
d	10-10	01/09/09	7	Control de calidad	0.517	5.243	96.63	1374.42
e	11-10	01/09/09	7	Control de calidad	0.516	5.247	98.61	1402.52
f	12-10	01/09/09	7	Control de calidad	0.520	5.250	100.58	1430.54
g	13-10	01/09/09	28	Control de calidad	0.523	5.253	159.05	2262.15
h	14-10	01/09/09	28	Control de calidad	0.531	5.243	165.96	2360.42
i	15-10	01/09/09	28	Control de calidad	0.524	5.267	139.50	1984.18

OBSERVACIONES :

- Agregado proveniente del banco la Isla, Santa Cruz Alta Verapaz.
- Proporcion utilizada: 1:2.6:3.0:0.60, proporcionada por el interesado
- El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 3 pulgadas.

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Director CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos

SECCION
CONCRETOS

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 16. Diseño teórico de mezcla para concreto 210 kg/cm² - 3000 psi



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



Nº 009407

O.T. No.26184

INFORME No. S.C. 1109

INTERESADO: Otto Javier Sarg Rodríguez. Carné 2000-11167
PROYECTO: Trabajo de graduación "Caracterización física y mecánica del agregado del banco La Isla del Municipio de Santa Cruz Alta Verapaz"
DIRECCION: Municipio de Santa Cruz Alta Verapaz
ASUNTO: Diseño Teórico de Mezcla de Concreto.
FECHA: 15 de Octubre de 2 009

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregado fino y grueso, provenientes del Banco La Isla del Municipio de Santa Cruz Alta Verapaz, para realizar un diseño teórico de mezcla para concreto de 3 000 psi (210 kg/cm²), con Cemento UGC de Cementos Progreso.

2. CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

2.1 Análisis granulométrico de agregado fino. INFORME No. S.C. – 648
2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 649

3. DISEÑO DE MEZCLA

3.1 Resistencia Nominal 210 kg/cm²
3.2 Resistencia Promedio Requerida 246 kg/cm²
3.3 Relación Agua/Cemento 0,57
3.4 Datos de la Mezcla:

CONCRETO NORMAL $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$			
MATERIALES	PROPORCION EN PESO	PROPORCION EN VOLUMEN (LITROS)	PROPORCION EN VOLUMEN (kg/m ³)
CEMENTO	1	1 SACO	342,11
ARENA (Ferroniquel)	2,29	58,22	782,42
PIEDRIN / GRAVA	3,16	85,41	1080,48
AGUA LIBRE	0,57	24,23	195,0

4. RECOMENDACIONES

4.3 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
4.2 El diseño de mezcla esta propuesto para agregados en condición seco-saturados, debido a las condiciones de obra, se deberá corregir por humedad.
4.3 Llevar un sistema de control de calidad según lo establece el A.C.I.

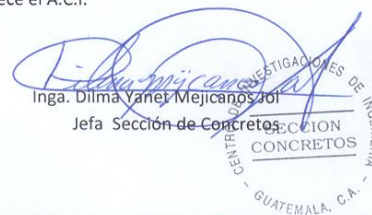
Atentamente,

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC




Inga. Dilma Yanet Mejicanos
Jefa Sección de Concretos




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 17. Informe de la resistencia de cilindros de concreto con base en el diseño teórico de mezcla para concreto 210 kg/cm² - 3000 psi



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



Nº 11873

**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO
NORMA ASTM C-39
INFORME No. S.C. - 079
HOJA 1/1**

O.T. No. 26185

INTERESADO: Otto Javier Sarg Rodriguez, Carné: No. 2000-11167

ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Caracterizacion fisica y mecanica del agregado del banco la isla del municipio de Santa Cruz Alta verapaz"

DIRECCION: Municipio de Santa, Cruz Alta Verapaz

FECHA: 18 de Febrero de 2010

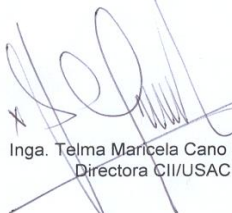
No. CILINDRO OBRA	No. CILINDRO LABORATORIO	FECHA DE HECHURA	EDAD en dias	CILINDRO REPRESENTATIVO DE LA FUNDICION	PESO en kg	DIAMETRO en cm	CARGA en libras	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
A	39-2	18/01/2010	3	Control de Calidad	11.862	15.080	32,500	82.54	1173.97
B	40-2	18/01/2010	3	Control de Calidad	11.927	15.070	32,000	81.38	1157.45
C	41-2	18/01/2010	3	Control de Calidad	11.451	15.067	32,500	82.69	1176.05
D	42-2	18/01/2010	7	Control de Calidad	11.990	15.137	42,500	107.13	1523.72
E	43-2	18/01/2010	7	Control de Calidad	12.160	15.187	40,000	100.16	1424.66
F	44-2	18/01/2010	7	Control de Calidad	12.765	15.083	44,000	111.70	1588.68
G	45-2	18/01/2010	28	Control de Calidad	12.870	15.033	85,000	217.21	3089.48
H	46-2	18/01/2010	28	Control de Calidad	12.730	15.033	75,000	191.66	2726.02

OBSERVACIONES :

- a) Agregados: Banco La Isla, Municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz.
- b) Diseño teorico de mezcla: INFORME S.C. 1109 CII/USAC 2009.
- c) El interesado proporciono el material para la mezcla.
- d) El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 19 cm.
- e) Proporción modificada en diseño practico: 1 : 1.85 : 2.56 : 0.57


ATENTAMENTE,

Vo.Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC





Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jilo
Jefa Sección de Concretos



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 18. Informe de la resistencia de morteros a tensión y compresión



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



Nº 009307

INFORME No. S.C. – 1049

O.T. No. 25850

Interesado: Otto Javier Sarg Rodríguez Carné No. 2000-11167
Proyecto: Trabajo de Graduación "Caracterización física y mecánica del agregado del banco la Isla del Municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz."
Asunto: Diseño de mezclas de mortero y resistencia a la compresión y tensión a 3, 7 28 días
Fecha: 05 de Octubre de 2009

1. **Generalidades:** El interesado proporcionó los materiales siendo estos, cemento, arena y agua.
2. **Procedimiento:** Se diseñó y trabajó de acuerdo con la norma ASTM C-270.
3. **Resultados:**
 - 3.1 **Proporción del Mortero:**

1: 2.75: 0.58
 - 3.2 **Resistencia a la Compresión:**

No.	EDAD EN DIAS	CARGA (kg)			CARGA PROMEDIO (kg)	ÁREA (cm²)	RESISTENCIA (kg/cm²)	RESISTENCIA (PSI)
		CUBO 1	CUBO 2	CUBO 3				
1	3	3230	3260	3220	3236.67	25.8064	125.42	1783.87
2	7	5360	5440	5700	5500.00	25.8064	213.12	3031.25
3	28	8075	7938	8210	8074.33	25.8064	312.88	4450.15

- 3.3 **Resistencia a la Tensión:**

No.	EDAD EN DIAS	CARGA (lbs)			CARGA PROMEDIO (lb)	ÁREA (plg²)	RESISTENCIA (kg/cm²)	RESISTENCIA (PSI)
		BRIQUETA 1	BRIQUETA 2	BRIQUETA 3				
1	3	315	305	295	305.00	1.00	21.44	304.94
2	7	340	340	335	338.33	1.00	23.79	338.37
3	28	600	580	550	576.67	1.00	40.54	576.61

Atentamente:


 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 Directora CII/USAC




 Inga. Dilma Yanet Mexicanos Jé
 Jefa Sección Aglomerantes y Morteros



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 19. Fotografías del ensayo de cilindros a compresión



Figura 20. Fotografías del ensayo de cilindros a compresión con base en diseño teórico de mezcla para concreto 210 kg/cm² - 3000psi



Figura 21. Fotografías de ensayos de morteros a compresión

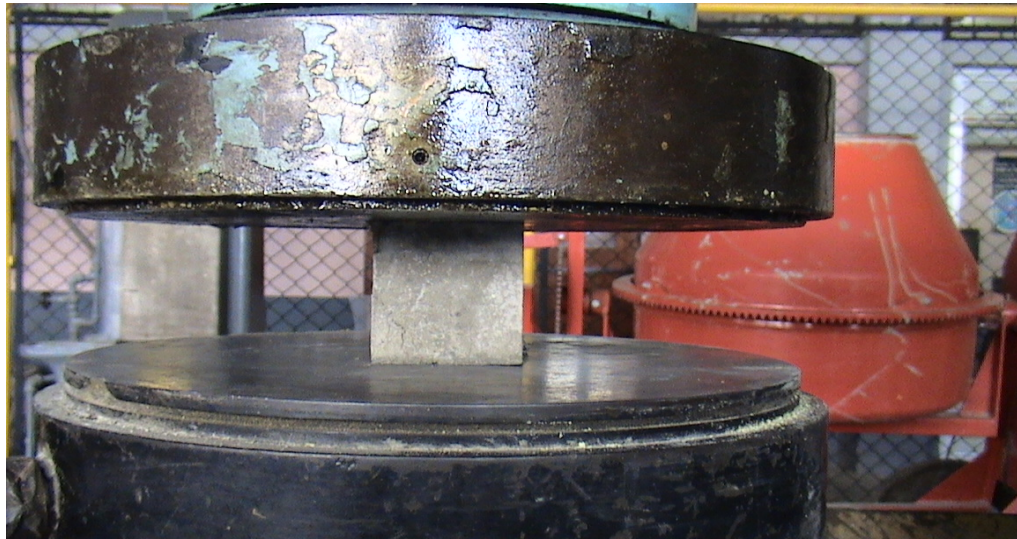


Figura 22. Fotografías de ensayos de morteros a tensión

