



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

## **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO DE DOS BANCOS, DE LA CIUDAD DE ESCUINTLA**

**Carla María Páez Chávez**

Asesorado por el Ingeniero Julio Roberto Luna Aroche

Guatemala, junio de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS PARA  
CONCRETO DE DOS BANCOS, DE LA CIUDAD DE ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLA MARÍA PÁEZ CHÁVEZ**

ASESORADO POR EL INGENIERO JULIO ROBERTO LUNA AROCHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Henricx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

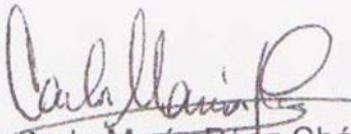
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Yefry Valentín Rosales Juarez
EXAMINADOR	Ing. Carmen Marina Mérida Alba
EXAMINADOR	Ing. Jorge Alberto Lam Lau
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO DE DOS BANCOS, DE LA CIUDAD DE ESCUINTLA,**

tema que fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 28 de marzo de 2008.



Carla María Páez Chávez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA



CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES  
DE ENERGIA Y MINAS  
- CESEM -  
Tel: 24 18 91 39

CESEM 031-2010.

Guatemala, 10 de Marzo de 2010.

Ingeniero  
Hugo Montenegro  
Director, Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
USAC

Estimado Ingeniero Montenegro:

Por medio de la presente le informo que como asesor de la estudiante universitaria, Carla María Páez Chávez, procedí a revisar el trabajo de tesis, cuyo título es: "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO DE DOS BANCOS DE LA CIUDAD DE ESCUINTLA", el cual encuentro satisfactorio.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los problemas que padece el país, como lo es la calidad de materiales con que se realizan las construcciones de concreto reforzado.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitando darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Deferentemente,

"D Y ENSEÑAR A TODOS"

Ing. Julio Roberto Luna Aroche  
ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN  
DIRECTOR -CESEM-





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



Guatemala,  
10 de mayo de 2010

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

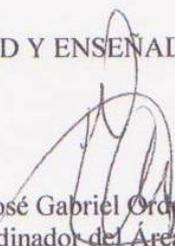
Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO DE DOS BANCOS DE LA CIUDAD DE ESCUINTLA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Carla María Páez Chávez, quien contó con la asesoría del Ing. Julio Roberto Luna Aroche.

Considero que el trabajo realizado por la estudiante Páez Chávez, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
AREA DE MATERIALES Y  
CONSTRUCCIONES CIVILES  
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua



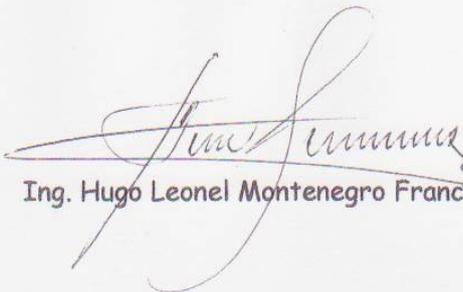
PROGRAMA DE INGENIERÍA  
CIVIL ACREDITADO POR  
Agencia Centroamericana de  
Acreditación de Programas de  
Arquitectura e Ingeniería  
PERIODO 2009 - 2012



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 del Asesor Ing. Julio Roberto Luna Aroche y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. José Gabriel Ordóñez Morales, al trabajo de graduación de la estudiante Carla María Páez Chávez, titulado EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO DE DOS BANCOS, DE LA CIUDAD DE ESCUINTLA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
DIRECTOR  
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, junio de 2010

/bbdeb.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

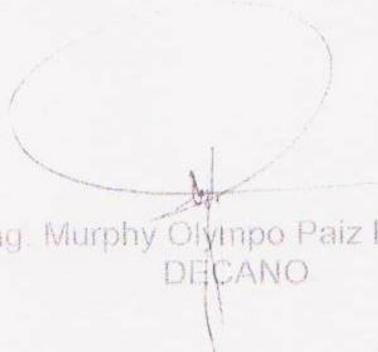


Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.201.2010

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: **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO DE DOS BANCOS, DE LA CIUDAD DE ESCUINTLA**, presentado por la estudiante universitaria **Carla María Páez Chávez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, junio de 2010

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>DIOS:</b>	Que me permitió la vida.
<b>Mis padres:</b>	Carlos y Letty, por todo su amor, ejemplo, esfuerzo y apoyo incondicional.
<b>Mi esposo:</b>	Juan Alberto, por su amor y apoyo incondicional.
<b>Mis hijos:</b>	Pedro y Carlos, por su amor, por ser el sostén y el empuje de mi vida.
<b>Mis hermanas:</b>	Mónica y Heidi, por su amor y apoyo.
<b>Mis suegros:</b>	Pedro y Erita, por su cariño y apoyo.
<b>Mis cuñados:</b>	Andrés, Mario, Siomara y Paola, por su cariño.
<b>Mis sobrinos:</b>	André, Marcela, Javier y Nicole.
<b>Mis amigos de la Facultad:</b>	Por su cariño y apoyo durante los años de estudio.
<b>Mi amiga:</b>	Jessica, por su cariño y apoyo.
<b>Todos mis seres queridos.</b>	

## **AGRADECIMIENTOS A:**

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi casa de estudios y permitirme realizar este logro.

La Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.

Al Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Al Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas.

Al Centro Tecnológico de Cementos Progreso, S.A.

Al Ingeniero Julio Roberto Luna Aroche, por su apoyo en la realización del trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XV</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIX</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>1</b>
1.1 Análisis de las propiedades físicas de los agregados	1
1.1.1 Descripción general de la norma ASTM C 33	1
1.1.1.1 Granulometría	1
1.1.1.1.1 Agregado fino	1
1.1.1.1.1.1 Sustancias deletéreas	2
1.1.1.1.1.2 Agregado grueso	3
1.1.2 Absorción y contenido de humedad, peso específico y peso unitario	4
1.1.2.1 Absorción y contenido de humedad	4
1.1.2.2 Peso específico	4
1.1.2.3 Peso unitario	5
1.2 Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados	5
1.2.1 Ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles, ASTM C 131	5
1.2.1.1 Procedimiento	7
1.3 Análisis de las propiedades químicas de los agregados	7

1.3.1	Examen petrográfico de agregados, ASTM C 295	7
1.3.1.1	Muestreo	8
1.3.1.1.1	Canteras sin explotar	8
1.3.1.1.2	Canteras y depósitos en producción	8
1.3.1.1.3	Afloramiento de canteras sin explotar	8
1.3.1.1.4	Depósitos sin explotar	8
1.3.1.2	Procedimiento	9
1.3.1.3	Procedimiento para examen de grava natural	9
1.3.1.4	Procedimiento para examen de arena natural	10
1.3.1.5	Procedimiento para examen del núcleo perforado	11
1.3.1.6	Procedimiento para examen de afloramientos rocosos	11
1.3.1.7	Procedimiento para examen de roca triturada	11
1.3.1.8	Procedimiento para examen de arena manufacturada	12
1.3.1.9	Cálculos	12
1.3.1.10	Reporte	13
1.3.2	Método químico para medir la reactividad potencial de los agregados, ASTM C 289	14
1.3.2.1	Uso y significancia	14
1.3.2.2	Aparatos	14
1.3.2.3	Reactivos	15
1.3.2.4	Selección y preparación de las muestras a ensayar	15
1.3.2.5	Procedimiento de reacción	17
1.3.2.6	Sílice disuelto por el método gravimétrico	19
1.3.2.6.1	Procedimiento	19
1.3.2.7	Interpretación de resultados	20
<b>2.</b>	<b>LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS</b>	<b>23</b>
2.1	Localización	23
2.1.1	Planta Escuintla	23
2.1.2	Planta Palín Oeste	24

2.2	Descripción geológica de los bancos	25
2.2.1	Planta Escuintla	25
2.2.2	Planta Palín Oeste	27
<b>3.</b>	<b>ENSAYO DE LABORATORIO</b>	<b>29</b>
3.1	Tabulación y análisis de resultados	29
3.1.1	Resultados de los ensayos de la norma ASTM C 33	29
3.1.1.1	Agregado fino	29
3.1.1.1.1	Muestra Escuintla	30
3.1.1.1.2	Muestra Palín Oeste	32
3.1.1.2	Agregado grueso	34
3.1.1.2.1	Muestra Escuintla	34
3.1.1.2.2	Muestra Palín Oeste	36
3.1.2	Resultados de los ensayos de la norma ASTM C 131	38
3.1.2.1	Muestra Escuintla	38
3.1.2.2	Muestra Palín Oeste	38
3.1.3	Resultados de los ensayos de la norma ASTM C 289	38
3.1.4	Resultados de los ensayos de la norma ASTM C 295	39
3.1.4.1	Agregado fino	39
3.1.4.1.1	Muestra Escuintla	39
3.1.4.1.2	Muestra Palín Oeste	41
3.1.4.2	Agregado grueso	43
3.1.4.2.1	Composición química	44
3.1.4.2.1.1	Banco Escuintla	44
3.1.4.2.1.2	Banco Palín Oeste	45
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>49</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>51</b>
	<b>ANEXO A</b>	<b>53</b>
	<b>ANEXO B</b>	<b>57</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	División entre agregados inocuos y deletéreos con base al ensayo de reducción en alcalinidad	21
2.	Ubicación de la Planta Escuintla	24
3.	Ubicación de la Planta Palín Oeste	24
4.	Formación geológica Planta Escuintla	26
5.	Fotografía satelital de la Planta Escuintla	26
6.	Formación geológica Planta Palín Oeste	27
7.	Fotografía satelital del banco de la Planta Palín Oeste	28
8.	Granulometría ASTM C 136 de agregado fino Planta Escuintla	30
9.	Granulometría ASTM C 136 de agregado fino Planta Palín Oeste	32
10.	Granulometría ASTM C 136 de agregado grueso Planta Escuintla	34
11.	Granulometría ASTM C 136 de agregado grueso Planta Palín Oeste	36
12.	Distribución de rocas que conforman la muestra agregado fino Planta Escuintla	40
13.	Contenido promedio de la muestra agregado fino Planta Escuintla	41
14.	Distribución de rocas que conforman la muestra agregado fino Planta Palín Oeste	42
15.	Contenido promedio de la muestra agregado fino Planta Palín	

Oeste	43
16. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado fino, Planta Escuintla	53
17. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado grueso, Planta Escuintla	54
18. Resultados del análisis de la norma ASTM C 131, agregado grueso, Planta Escuintla	55
19. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado fino para análisis de la norma ASTM C 295, Planta Escuintla	56
20. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado fino, Planta Palín Oeste	57
21. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado grueso, Planta Palín Oeste	58
22. Resultados del análisis de la norma ASTM C 131, agregado grueso, Planta Palín Oeste	59
23. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado fino para análisis de la norma ASTM C 295, Planta Palín Oeste	60
24. Resultados del análisis de la norma ASTM C 289, agregado fino, Plantas Escuintla y Palín Oeste	61
25. Resultados del análisis de la norma ASTM C 289, agregado grueso, Plantas Escuintla y Palín Oeste	62
26. Gráfica resultante de la norma ASTM C 289, agregado grueso, Plantas Escuintla y Palín Oeste	63
27. Proceso de extracción de material del río Guacalate, Planta Escuintla	65

28.	Proceso de transporte, trituración y conformación de diferentes diámetros de agregados, Planta Palín Oeste	65
29.	Muestra agregado grueso, Planta Palín Oeste	66
30.	Muestra agregado fino, Planta Palín Oeste	66
31.	Coloración de muestras de agregado fino de ambos bancos, luego de estar sometidas a la solución de sulfato de sodio durante 24 horas, ASTM C 88	67
32.	Matraces con muestras de agregado fino, ensayo de densidades relativas y porcentaje de absorción, ASTM C 128	67
33.	Proceso de ensayo para determinar las masa unitarias del agregado grueso de la Planta Escuintla	68

## TABLAS

I.	Límites de graduación del agregado fino	1
II.	Límites para sustancias deletéreas en el agregado fino para el concreto	2
III.	Requerimientos de clasificación para agregado grueso	3
IV.	Masa de carga dependiendo la clasificación del agregado	6
V.	Clasificación de muestras para ensayo	6
VI.	Tamaños mínimos para muestras de depósitos de arena y grava sin explotar	9
VII.	Granulometría de agregado fino Planta Escuintla (CETEC)	30
VIII.	Resultados físicos según norma ASTM C 33 para agregado fino Planta Escuintla (CETEC)	31
IX.	Granulometría de agregado fino Planta Palín Oeste (CETEC)	32
X.	Resultados físicos según norma ASTM C 33 para agregado fino Planta Palín Oeste (CETEC)	33
XI.	Granulometría de agregado grueso Planta Escuintla (CETEC)	34
XII.	Resultados físicos según norma ASTM C 33 para agregado grueso Planta Escuintla (CETEC)	35
XIII.	Granulometría de agregado grueso Planta Palín Oeste (CETEC)	36
XIV.	Resultados físicos según norma ASTM C 33 para agregado grueso Planta Palín Oeste (CETEC)	37
XV.	Granulometría de agregado fino Planta Escuintla (CII)	39
XVI.	Análisis petrográfico de agregado fino Planta Escuintla	40
XVII.	Granulometría de agregado fino Planta Palín Oeste (CII)	41
XVIII.	Análisis petrográfico de agregado fino Planta Palín Oeste	42

XIX.	Características de las rocas de agregado grueso Planta Escuintla	43
XX.	Características de las rocas de agregado grueso Planta Palín Oeste	43
XXI.	Resultado teórico de la composición química de la roca de agregado grueso andesita Planta Escuintla	44
XXII.	Resultado teórico de la composición química de la roca de agregado grueso dacita Planta Escuintla	45
XXIII.	Resultado teórico de la composición química de la roca de agregado grueso basalto Planta Palín Oeste	46



## GLOSARIO

<b>Abanicos Aluviales</b>	Accidente geográfico formado por la sedimentación generada debido a la carga sólida de una corriente fluvial, que pierde fuerza súbitamente, al disminuir el gradiente topográfico.
<b>Afanítica</b>	Estructura de las rocas volcánicas, en donde los minerales son demasiado pequeños a la vista y se identifican únicamente con la ayuda de un microscopio.
<b>Afloramientos rocosos</b>	Masas rocosas que se asoman a la superficie, estando consolidadas en el subsuelo.
<b>Andesita</b>	Roca volcánica formada por fenocristales de plagioclasa y cuarzo; con o sin piroxeno, hornblenda y tal vez biotita.
<b>Basalto</b>	Roca volcánica de color oscuro, debido a sus componentes: fenocristales de olivino, piroxenos y generalmente en menores cantidades plagioclasas.

<b>Brecha andesítica</b>	Depósito de fragmentos de andesita desplazados por una corriente.
<b>Coalescencia</b>	Propiedad de ciertas sustancias de unirse o fundirse entre sí.
<b>Coordenadas UTM</b>	Sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, tangente a un meridiano. Estas se expresan en metros al nivel del mar.
<b>Dacita</b>	Roca volcánica formada por fenocristales de plagioclasa y cuarzo; fenocristales máficos de cualquier composición pueden estar presentes.
<b>Deletéreo</b>	Nocivo.
<b>Estructura</b>	Connota los procesos específicos de formación de los sistemas magmáticos.
<b>Grado acidez</b>	Correspondiente a la clasificación química de las rocas volcánicas por la concentración de sílice que contienen.
<b>Inocuo</b>	Que no es dañino.
<b>Intrusiones andesíticas</b>	Cuerpo de andesitas solidificadas debajo de la superficie de la tierra.

<b>Lahar</b>	Depósito volcanoclástico, consiste en bloques y fragmentos piroclásticos suspendidos en una matriz de lodo saturado de agua que le da movilidad al cuerpo.
<b>Pómez</b>	Vidrio volcánico, liviano, altamente vesicular.
<b>Porfirítica</b>	Estructura de las rocas volcánicas originada generalmente de magma enfriado lentamente, formando cristales grandes y luego se enfría con rapidez, creando una matriz fina-granular.
<b>Textura</b>	Característica de las rocas ígneas que tiene relación al grado de cristalización, el tamaño y la forma de los granos que las forman.
<b>Vesicular</b>	Se refiere a la formación de vesículas en las rocas ígneas a partir de pequeñas burbujas de gas.
<b>Vidrio volcánico</b>	Solución enfriada tan rápido que no permite la formación de cristales.
<b>Voladura</b>	Fractura de rocas mediante explosivos.



## RESUMEN

En el siguiente trabajo se evalúa la calidad de agregados para concreto, gruesos y finos, en dos bancos de la Ciudad de Escuintla: Planta Escuintla y Planta Palín Oeste de Agregua; escogidos por la importancia de producción, tecnología de producción y utilización de los materiales en el departamento.

Se obtuvieron dos muestras en cada banco, una de grueso y una de fino, determinando sus propiedades físicas con la norma ASTM C 33 (especificación normalizada de agregados para concreto); propiedades mecánicas del agregado grueso con la norma ASTM C 131 (ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles); y propiedades químicas con las normas ASTM C 289, (método químico para medir la reactividad potencial de los agregados) y ASTM C 295 (examen petrográfico de agregados).

Se evidencia con los resultados de los ensayos, que los agregados de los bancos evaluados son aptos para su uso en la elaboración de concreto.



## OBJETIVOS

### General:

Analizar las propiedades químicas, físicas y mecánicas de los agregados de dos bancos del departamento de Escuintla, a través de las normas ASTM C 33 (especificación normalizada de agregados para concreto); ASTM C 131 (ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles); ASTM C 289 (método químico para medir la reactividad potencial de los agregados); y ASTM C 295 (examen petrográfico de agregados), determinando si son aptos o no para la fabricación de concreto.

### Específicos:

1. Aplicar la norma ASTM C 33 (especificación normalizada de agregados para concreto) para determinar las propiedades físicas de los agregados a utilizar en la elaboración de concreto estructural.
2. Determinar las propiedades mecánicas de los agregados gruesos a través del ensayo en la máquina de Los Ángeles basado en la norma ASTM C 131 (ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles).
3. Determinar las propiedades químicas de los agregados a través de las normas ASTM C 289 (método químico para medir la reactividad potencial de los agregados); y ASTM C 295 (examen petrográfico de agregados), para asegurar que no produzcan reacciones químicas al interactuar con el cemento Pórtland y causen daños al concreto a corto, mediano o largo plazo.



## INTRODUCCIÓN

El concreto es una mezcla de materiales (conglomerantes, agregados, agua y habitualmente aditivos) utilizado frecuentemente en las construcciones civiles debido a sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Es de suma importancia que el concreto sea de buena calidad. La calidad del concreto está dada por la calidad de los materiales, y los métodos a utilizar en su elaboración.

El objeto de este trabajo es evaluar la calidad de los agregados encontrados en dos bancos del departamento de Escuintla.

El análisis de los agregados se regirá por las normas ASTM C 33 (especificación normalizada de agregados para concreto); ASTM C 131 (ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles); ASTM C 289 (método químico para medir la reactividad potencial de los agregados); y ASTM C 295 (examen petrográfico de agregados), que determinan las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los agregados, y las normas ASTM (sociedad americana para el ensayo de agregados) complementarias que sean necesarias.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Análisis de las propiedades físicas de los agregados

#### 1.1.1 Descripción general de la norma ASTM C 33

Define los parámetros físicos que un agregado debe tener, haciendo la observación que dependiendo del área y tipo de proyecto en el cual se trabajará, se podrá atenuar o restringir la norma.

##### 1.1.1.1 Granulometría

###### 1.1.1.1.1 Agregado fino

Tabla I. Límites de graduación del agregado fino

Tamiz número	Porcentaje que pasa
3/8	100
4	95-100
8	80-100
16	50-85
30	25-60
50	5-30
100	0-10

Fuente: Norma ASTM C 33-03, Vol. 4. Página 5.

La diferencia entre el material que pasa de cualquier tamiz y se retiene en el siguiente, no debe ser mayor al 45% y el módulo de finura debe estar entre 2.3 y 3.1.

#### 1.1.1.1.1 Sustancias deletéreas

El agregado fino no debe contener sustancias deletéreas en cantidades mayores a las que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla II. Límites para sustancias deletéreas en el agregado fino para el concreto**

Descripción	Porcentaje máximo de la muestra
Arcilla	3
<b>Material que pasa tamiz 200</b>	
Concreto sometido a desgaste	3
Cualquier concreto	5
<b>Carbón</b>	
Apariencia del concreto importante	0.5
Cualquier concreto	1

**Fuente:** Norma ASTM C 33-03, Vol. 4. Página 2.

Las impurezas orgánicas se determinan según norma ASTM C 40, en donde el agregado fino es aprobado o rechazado dependiendo de la cantidad de materia orgánica que éste contenga, haciendo excepciones al rechazo, cuando la decoloración se debe al contenido mínimo de carbón y cuando el resultado de la resistencia del concreto a los 7 días es mayor al 95% con respecto a la norma ASTM C 87.

### 1.1.1.1.2 Agregado grueso

El agregado grueso consiste en grava, grava triturada, roca triturada o concreto hidráulico triturado, o una combinación de los anteriores. Debe cumplir las especificaciones de la tabla III.

Tabla III. Requerimientos de clasificación para agregado grueso

NÚMERO DE TABLA	TAMAÑO NOMINAL	REQUERIMIENTOS DE CLASIFICACIÓN											
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1 1/4"	1"	3/4"	3/8"	15"	75"
1	3/4-1 1/2"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-
2	2-1 1/2"	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
3	2-1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-
3B	2-1/4"	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
4	1 1/2-2 1/4"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-
4B	1 1/2-1 3/4"	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
5	1-1 1/2"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-
5B	1-3/8"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-
5C	1-1/4"	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
6	3/4-3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-
6B	3/4-1/4"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
7	1 1/2-1/4"	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
8	3/8-1/8"	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10
8B	3/8-1/16"	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	5-30
9A	1/4-1/16"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	5-40

Fuente: Norma ASTM C 33-03, Vol. 4. Página 3.

## **1.1.2 Absorción y contenido de humedad, peso específico y peso unitario**

### **1.1.2.1 Absorción y contenido de humedad**

Este ensayo determina el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado a través del secado. Este método es muy utilizado para diferentes propósitos, por ejemplo, para ajustar el peso de los materiales de una mezcla de concreto en un lote de agregados.

La masa de la muestra se toma de acuerdo a los parámetros de la norma ASTM C 566. Luego es secada al horno controlando la temperatura para evitar la pérdida de partículas por calor.

El resultado del contenido de humedad se obtiene a través de las especificaciones de la norma ASTM C 566. La propiedad de absorción puede determinarse a través de las normas ASTM C 127 o C 128.

### **1.1.2.2 Peso específico**

Este ensayo determina la masa, la gravedad específica y la gravedad específica aparente de los agregados según las definiciones de la norma ASTM E 12 y la gravedad específica basada en el peso de los agregados en condición seco saturada según la definición de la norma ASTM C 125.

La gravedad específica es utilizada para calcular el volumen ocupado por los agregados en diferentes mezclas que contienen agregados. Este valor se determina según las especificaciones de las normas ASTM C 127 y C 128.

### **1.1.2.3 Peso unitario**

Este ensayo determina el peso unitario de los agregados en condición suelta o compactada y calcula volúmenes en agregados finos, gruesos o mixtos. Este método es aplicable a agregados que no excedan 150mm de tamaño nominal y es utilizado para determinar los pesos unitarios necesarios para los diferentes métodos de cálculo de diseño de mezcla de concreto.

La muestra se tomará, se preparará y se medirá de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM C 29.

## **1.2 Análisis de las propiedades mecánicas de los agregados**

### **1.2.1 Ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles, ASTM C 131**

Este ensayo mide la degradación de una muestra de agregado grueso sometida a abrasión, impacto y molienda dentro de un tambor rotativo que contiene esferas de acero durante un tiempo determinado o número de revoluciones determinadas.

Al finalizar se extrae la muestra del tambor, se tamiza y según los resultados, se determina el porcentaje de degradación.

El margen de error de los resultados debe ser de 0.1%. El diámetro de las esferas debe ser aproximadamente de 46.8mm y con masa entre 390 y 445g cada una. En la tabla IV se especifica la masa de carga de esferas dependiendo de la clasificación del agregado.

**Tabla IV. Masa de carga dependiendo la clasificación del agregado**

<b>Clasificación</b>	<b>Número de esferas</b>	<b>Masa de carga (g)</b>
<b>A</b>	12	5000 +- 25
<b>B</b>	11	4584 +- 25
<b>C</b>	8	3330 +- 20
<b>D</b>	6	2500 +- 15

**Fuente:** Norma ASTM C 131-03, Vol. 4. Página 3.

La muestra se prepara de acuerdo a la norma ASTM D 75 y esta se reduce para adecuarla al tamaño requerido según norma ASTM C 702.

Luego de reducida la muestra, se lava y se seca al horno a una temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ , se separa a tamaños de partículas individuales y se recombinan como lo especifica la tabla V.

**Tabla V. Clasificación de muestras para ensayo**

<b>Tamaño de tamiz</b>		<b>Masa de tamaños indicados (g)</b>			
<b>Pasa (pulg)</b>	<b>Retenido (pulg)</b>	<b>Clasificación</b>			
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
1 ½	1	1250±25	...	...	...
1	¾	1250±25	...	...	...
¾	½	1250±10	2500±10	...	...
½	3/8	1250±10	2500 ±10	...	...
3/8	¼	...	...	2500±10	...
¼	Número 4	...	...	2500±10	...
Número 4	Número 8	...	...	...	5000±10
<b>Total</b>		<b>5000±10</b>	<b>5000±10</b>	<b>5000±10</b>	<b>5000±10</b>

**Fuente:** Norma ASTM C 131-03, Vol. 4. Página 3.

Se debe registrar la masa de la muestra, previo a la prueba de precisión de 1g.

### **1.2.1.1 Procedimiento**

La muestra se coloca dentro de la máquina de Los Ángeles y se gira a una velocidad de 30 a 33rev/min (500 revoluciones).

Se extrae la muestra y se hace la separación preliminar en un tamiz mayor al número 12, el material que pasa se coloca en un tamiz número 12, se lava el material grueso y se seca al horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  y se determina la masa más cercana al gramo.

El reporte debe contener la información del banco, clase y diámetro máximo nominal, designación de la clasificación obtenida de la tabla V y el porcentaje de la pérdida por abrasión e impacto de la muestra expresada con precisión del 1% de la masa.

## **1.3 Análisis de las propiedades químicas de los agregados**

### **1.3.1 Examen petrográfico de agregados, ASTM C 295**

La finalidad en este ensayo es determinar las características físicas y químicas de la muestra a través de observaciones petrográficas, describir y clasificar los elementos, determinar las cantidades relativas de los elementos de la muestra, para comparación de nuevos bancos con bancos antiguos.

Igualmente se utiliza para determinar la reactividad potencial álcali-sílice y álcali-carbonato, por presencia de materiales dañinos que intervienen en el comportamiento del concreto.

### **1.3.1.1 Muestreo**

Las muestras deben ser tomadas por o bajo la supervisión de un geólogo familiarizado con los requerimientos de la toma de muestras de agregados para concreto.

Se debe contar con la información de la ubicación exacta de donde se tomó la muestra, la geología del lugar y otros.

#### **1.3.1.1.1 Canteras sin explotar**

Se muestrea a través de núcleos perforados a la profundidad del material que se explotará.

#### **1.3.1.1.2 Canteras y depósitos en producción**

La muestra debe ser de 45Kg, como mínimo, o 300 piezas de cada uno de los tamaños que se producen.

#### **1.3.1.1.3 Afloramientos de canteras sin explotar**

Se debe tomar no menos de 2Kg de cada estrato, con piezas no menores de 0.5Kg o por medio de núcleos perforados.

#### **1.3.1.1.4 Depósitos sin explotar**

La muestra se debe tomar de una fosa a la profundidad que será explotada y debe consistir en no menos de la cantidad de material indicada en la tabla VI.

**Tabla VI. Tamaños mínimos para muestras de depósitos de arena y grava sin explotar**

Tamaño de Tamiz	Cantidad	
	Kg	Piezas
Mayor de 150mm	-	<sup>A</sup>
75 a 150mm	-	300 <sup>A</sup>
37.5 a 75mm	180	-
19 a 37.5mm	90	-
4.75 a 19mm	45	-
Menor a 4.75mm <sup>B</sup>	23	-

<sup>A</sup> No menos de una pieza de cada tipo de roca.  
<sup>B</sup> Agregado fino.

Fuente: Norma ASTM C 295-03, Vol. 4. Página 4.

### 1.3.1.2 Procedimiento

Las muestras de grava y arena natural se tamizan en seco de acuerdo con la norma ASTM C 136, para proveer muestras de cada uno de los tamices.

En el caso de arenas, una parte adicional se debe ensayar de acuerdo con la norma ASTM C 117. Cada fracción de tamiz se debe examinar por separado empezando desde el tamaño más grande disponible.

La cantidad de partículas de este método, es la mínima y por lo menos 150 partículas de cada tamiz, se deben identificar y contar para obtener resultados confiables.

### 1.3.1.3 Procedimiento para examen de grava natural

Se debe examinar si las partículas tienen capas exteriores que puedan ser materiales deletéreos para el concreto.

La muestra del tamiz se clasifica en grupos de tipos de rocas a través de examen visual. Para identificar rocas con granos finos se utilizará microscopio estereoscópico o microscopio petrográfico.

El reporte debe incluir la siguiente información:

- Forma de la partícula
- Textura de la partícula
- Tamaño del grano
- Estructura interna de la partícula
- Color
- Composición mineralógica
- Heterogeneidad significativa
- Condición física general del tipo de roca en la muestra
- Recubrimientos o incrustaciones
- Presencia de material que pueda causar reacciones químicas dañinas en el concreto

Se debe registrar el número de partículas contadas y elaborar una tabla conteniendo la composición y la condición de las fracciones de muestra de cada uno de los tamices y el peso promedio de la composición, basada en la granulometría y la distribución de los componentes por tamiz.

#### **1.3.1.4 Procedimiento para examen de arena natural**

Para partículas mayores del tamiz número 30, la muestra debe reducirse de acuerdo con la norma ASTM C 702, hasta obtener fracciones, conteniendo por lo menos 150 partículas.

La muestra reducida de cada tamiz, debe ser examinada y sus componentes identificados y contados, usando el microscopio estereoscópico. Se examinará cada fracción que pasa el tamiz número 30 y es retenida en el tamiz número 200.

#### **1.3.1.5 Procedimiento para examen del núcleo perforado**

Cada núcleo debe ser examinado y preparado mostrando la longitud del núcleo recuperado, la pérdida de núcleo y localización; localización y espaciamiento de fracturas y planos de ruptura; clases litológicas; alternación de las clases, condición física y variaciones en la condición; dureza; cohesión; porosidad obvia; tamaño del grano; textura; variación en el tamaño del grano y textura; clase de rompimiento y presencia de componentes capaces de crear reacciones deletéreas en el concreto.

#### **1.3.1.6 Procedimiento para examen de afloramientos rocosos**

El procedimiento debe ser igual al del núcleo perforado, mientras que el espaciamiento y tamaño de las piezas lo permita. Si la muestra consiste en una cantidad relativamente grande de roca quebrada producida por voladura, es deseable inspeccionar la muestra entera, estimando la abundancia relativa de clase de rocas o variedades presentes y muestrear cada clase antes de ser procesada. Luego de ser procesada se debe examinar como material triturado.

#### **1.3.1.7 Procedimiento para examen de roca triturada**

Debe ser similar al del núcleo, es necesario obtener una cantidad específica de partículas de cada tamiz obtenida como lo indica el examen de grava y arena natural.

### **1.3.1.8 Procedimiento para examen de arena manufacturada**

El examen debe ser similar al de arena natural, con énfasis en la cantidad y extensión de la fractura y la cantidad y naturaleza de polvo de roca desarrollado por las operaciones de trituración. Será de mucha utilidad si se encuentra una muestra de la roca donde la arena fue producida.

### **1.3.1.9 Cálculos**

Calcular la composición de cada fracción de tamiz de una muestra heterogénea y el peso promedio de la composición de la muestra entera como sigue:

- Expresar la composición de cada fracción de tamiz, sumando el total de partículas de la fracción contada y calcular cada componente de la muestra como un porcentaje del total de la cantidad contada.
- Obtener el porcentaje de masa de cada fracción de tamiz de la muestra entera (porcentajes individuales retenidos en tamices consecutivos).
- Multiplicar el porcentaje de los componentes en la fracción del tamiz, calcular el porcentaje de la muestra entera de este componente en este tamaño.
- Añadiendo el porcentaje de peso de cada componente en cada fracción de tamiz, obtener el porcentaje de peso de cada componente de la muestra entera.

- Construir una tabla que muestre la composición de cada fracción de tamiz y la composición pesada de la muestra entera. Reportar valores al entero aproximado. Es conveniente que el total en cada fracción del tamiz y el total de la muestra entera, sea cada una del 100%.

#### **1.3.1.10 Reporte**

El reporte debe contener un resumen con los datos esenciales necesarios para identificar la muestra, incluyendo descripción de la composición y las propiedades del material, resultado del examen. Debe contener los procedimientos empleados para el ensayo y dar una descripción de la naturaleza de cada componente importante de la muestra, acompañado de tablas, fotografías, etc.

Cuando la muestra presente componentes dañinos para el concreto, las propiedades o componentes se deben describir cualitativamente y cuantitativamente, así como los efectos desfavorables que se producirán en el concreto.

Si la muestra no presenta componentes dañinos, se debe incluir en el reporte acompañado de resultados físicos y químicos que lo soporten, si el examen consta únicamente de los resultados petrográficos, no se deben dar conclusiones excepto cuando el petrógrafo haya sido autorizado para hacerlo.

El reporte petrográfico debe incluir recomendaciones proporcionando cualquier investigación petrográfica, química, física o geológica que puede requerirse para evaluar propiedades adversas que se indican en el examen petrográfico.

### **1.3.2 Método químico para medir la reactividad potencial de los agregados, ASTM C 289**

Este método cubre la determinación química de la reactividad potencial de un agregado con álcalis en el concreto de cemento Pórtland, como es indicado por la reacción durante 24 horas a 80°C, entre una solución de hidróxido de sodio 1.00N y agregado que ha sido triturado y tamizado, que pasa el tamiz 300µm y retenido en el tamiz 150µm.

#### **1.3.2.1 Uso y significancia**

Los resultados de este ensayo para evaluar la reactividad de componentes silíceos potencialmente reactivos con los álcalis del concreto hecho con cemento hidráulico, debe utilizarse en combinación con otros ensayos. Los resultados de este ensayo no se deben usar como una base sólida para aceptar o rechazar el material.

Reacciones entre una solución de hidróxido de sodio y componentes silíceos, en algunos agregados de concreto han mostrado corrosión entre el desempeño de algunos agregados de las estructuras de concreto.

Este ensayo se puede utilizar como herramienta de control de calidad para chequeo de bancos existentes con historial de servicio aceptable.

#### **1.3.2.2 Aparatos**

- Pesas
- Balanzas
- Equipo de trituración y molienda

- Tamices
- Contenedores
- Baño a temperatura constante
- Espectrofotómetro
- Cristalería

### **1.3.2.3 Reactivos**

En todas las pruebas deben utilizarse reactivos químicos con el mismo grado de pureza.

- Solución de molibdato de amonio
- Ácido clorhídrico
- Ácido clorhídrico estándar 0.05N
- Ácido clorhídrico (1+1)
- Ácido fluorhídrico
- Solución de ácido oxálico
- Solución de fenolftaleína como indicador
- Solución estándar de sílice
- Solución estándar de hidróxido de sodio
- Ácido sulfúrico

### **1.3.2.4 Selección y preparación de las muestras a ensayar**

El ensayo puede utilizarse para agregado fino y grueso, y cuando el agregado fino y grueso son del mismo material, se pueden utilizar por el total del agregado.

Las muestras se obtienen conforme a la norma ASTM D 75.

Para muestras de agregado con diámetro nominal máximo de 19mm o mayor, mezclar y cuartear la muestra de acuerdo con la norma ASTM C 702. Triturar un cuarto como se describirá a continuación, retener los otros tres cuartos de la muestra para utilizar más adelante si se desea.

Triturar la muestra en un triturador de quijadas usando pequeñas porciones al mismo tiempo, retener todas las fracciones, hasta que la muestra pase el tamiz número 4, reducir la muestra triturada a  $300\pm 5\text{g}$  por separación de acuerdo a la norma ASTM C 702.

Tamizar la muestra de 300g, descartando todo el material que pase el tamiz número 100. Triturar o moler la muestra en pequeñas porciones usando un disco pulverizador, molino rotatorio o un mortero y pilón.

Para minimizar el material que pasa el tamiz número 100, realice varias pasadas de la porción a través del equipo, removiendo el material que pasa el tamiz número 50 antes de remoler el residuo. Si la cantidad de material retenido en el tamiz número 100 es menor a 100g luego de pulverizar el total de la muestra de 300g, descartar la muestra y pulverizar una nueva muestra de 300g.

Para asegurarse que todo el material más fino que el tamiz  $150\mu\text{m}$  ha sido removido, lavar la muestra en un tamiz de  $150\mu\text{m}$ . No lavar más de 100g sobre un tamiz por encima de 203mm de diámetro al mismo tiempo.

Secar la muestra lavada a  $105\pm 5^\circ\text{C}$  por  $20\pm 4$  horas. Enfriar la muestra y tamizar nuevamente en un tamiz de  $150\mu\text{m}$ . Si la inspección de la muestra indica presencia de un revestimiento limoso o arcilloso en las partículas, repetir

el procedimiento de lavado y secado, y tamizar en un tamiz mayor de 150 $\mu$ m. Reservar la porción retenida en el tamiz de 150 $\mu$ m para la muestra de ensayo.

#### **1.3.2.5 Procedimiento de reacción**

Pesar tres porciones representativas de 25 $\pm$ 0.05g de la muestra preparada. Colocar una porción en cada uno de los tres contenedores de reacción, y agregar 25mL de solución de 1.00N NaOH. A un cuarto contenedor de reactivos, agregar 25mL de la misma solución que sirve como blanco. Sellar los cuatro contenedores y gentilmente agitarlos para liberar aire atrapado.

Inmediatamente luego de que los contenedores han sido sellados, colocarlos en un baño líquido a 80 $\pm$ 1.0°C. Luego de 24 $\pm$ ¼ horas, remover los contenedores del baño y enfriarlos por 15 $\pm$ 2min, bajo agua corriendo a temperatura menor de 30°C.

Inmediatamente luego que los contenedores han sido enfriados, abrirlos y filtrar la solución del residuo del agregado. Usar un crisol de porcelana con un disco rápido, cortar papel filtro, grado analítico que se ajuste al fondo del crisol, colocar el crisol en un soporte para crisoles de goma en el embudo.

Colocar en un tubo de prueba seco, con capacidad de 35 a 50mL, en un matraz para filtrar y recolectar lo filtrado y colocar el embudo en el cuello del matraz.

Con el aspirador en operación o la línea de aspiración en línea abierta, decantar una pequeña cantidad de solución en el papel filtro para que se ajuste apropiadamente en el crisol. Sin agitar el contenido, decantar el líquido sobrante en el crisol. Cuando la decantación del líquido se ha completado, dejar de succionar y transferir los sólidos restantes en el contenedor al crisol;

envasar con ayuda de una espátula de acero inoxidable. Luego aplicar y ajustar la aspiradora a aproximadamente 51kPa.

Continuar la filtración hasta llevarla a un rendimiento de aproximadamente una gota cada 10seg; reservar lo filtrado para futuras pruebas.

Registrar la cantidad total de tiempo mientras estuvo la aspiradora como tiempo de filtración; hacer un esfuerzo para aplicar un tiempo de filtrado igual para todas las muestras en un set, para uniformar el procedimiento del conjunto de aparatos de filtración y el aparcamiento de los sólidos en el crisol.

Filtrar al vacío de acuerdo al procedimiento en el punto anterior, aplicar la aspiradora por un tiempo igual al promedio de filtración de los tres especímenes.

Inmediatamente, siguiendo a la filtración, escurrir el filtrado para asegurar la homogeneidad, luego tomar una alícuota de 10mL en una pipeta del filtrado y diluirlo con agua a 200mL en un matraz volumétrico. Guardar esta solución diluida para determinación del SiO<sub>2</sub> disuelto y la reducción en alcalinidad.

Si el filtrado diluido no se analizará dentro de las 4 horas siguientes, después de terminada la filtración, transferir la solución a un contenedor de polietileno seco y limpio, cerrar el recipiente con una tapadera o un tapón ajustado.

### **1.3.2.6 Sílice disuelto por el método gravimétrico**

#### **1.3.2.6.1 Procedimiento**

Transferir por medio de una pipeta 100mL de solución diluida a un plato evaporador, preferentemente de platino para una evaporación rápida, añadir de 5 a 10mL de HCl, y evaporar hasta secar en un baño de vapor.

Sin calentar el residuo más adelante, tratarlo en una cantidad de 5 a 10mL de HCl y luego una cantidad igual de agua; o de una vez colocar de 10 a 20 mL de HCl (1+1) en el residuo. Cubrir el plato y digerir por 10min en el baño de vapor o plato caliente.

Diluir la solución con una cantidad igual al volumen de agua caliente, filtrar con papel filtro cuantitativo de baja ceniza; y lavar la sílice con agua caliente y conservar el residuo.

Evaporar nuevamente lo filtrado hasta secarlo, calentando el residuo en un horno por una hora de 105 a 110°C. Tratar el residuo con 10 a 15mL de HCl (1+1) y calentarlo en el baño o plato caliente.

Diluir la solución con un volumen igual de agua caliente, atrapar y lavar la cantidad pequeña de SiO<sub>2</sub> que este contiene en otro papel filtro. Esta segunda evaporación es necesaria solo para determinar la concentración de la solución de metasilicato de sodio estándar.

Transfiera los papeles que contienen el residuo a un crisol de platino. Secar y quemar los papeles, primero a bajo calor hasta que el carbón del papel filtro esté completamente consumido sin encenderse, y finalmente a una temperatura de 1100 a 1200°C hasta que la masa se mantenga constante.

Tratar el  $\text{SiO}_2$  obtenido en el crisol, el cual contendrá pequeñas impurezas, con unas gotas de agua, 10mL de HF, y una gota de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , y evaporarlo con precaución hasta secarlo en el baño a vapor. Finalmente, calentar el pequeño residuo a una temperatura de 1050 a 1100°C por 1-2min, enfriar, y determinar la masa.

La diferencia entre esta determinación y la previamente obtenida representa la cantidad de  $\text{SiO}_2$ .

#### **1.3.2.7 Interpretación de resultados**

La curva que se muestra en la figura 1 es la base de la correlación entre los datos obtenidos de este ensayo y las barras de mortero de expansión conteniendo alto álcali cemento. Un grado potencial de reactividad de álcali por material deletéreo se indica en cualquiera de los tres puntos en el lado deletéreo de la curva.

De igual forma, agregados potencialmente deletéreos representados en los puntos arriba de la línea punteada, pueden dar pequeñas expansiones relativas en el concreto a pesar de que son extremadamente reactivos con los álcalis.

Se recomienda que la interpretación de este ensayo se relacione con la guía de la norma ASTM C 295.

Figura 1. División entre agregados inocuos y deletéreos con base al ensayo de reducción en alcalinidad

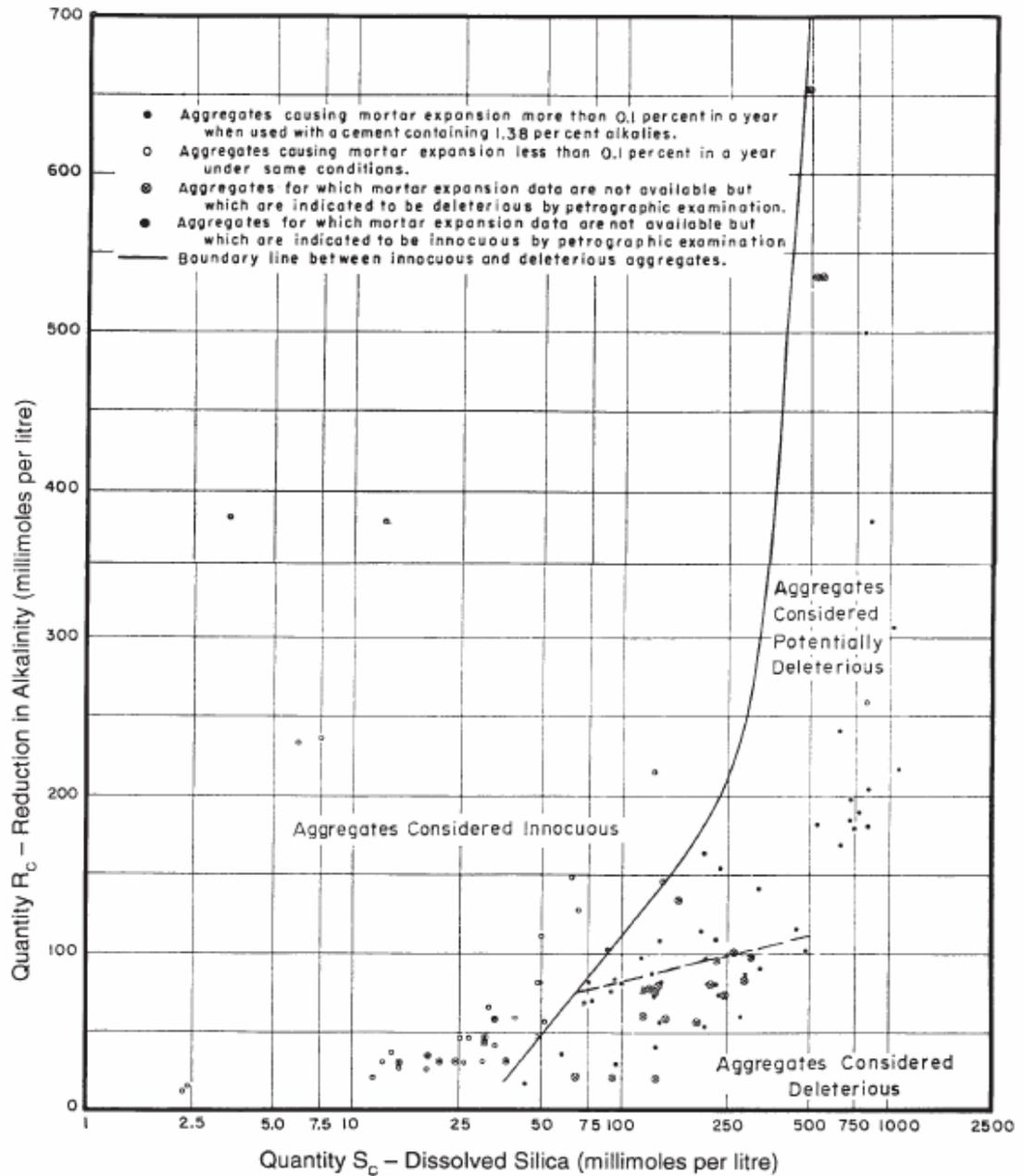


FIG. X1.1 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test



## **2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS**

Los bancos evaluados en este trabajo, fueron escogidos por la importancia de producción y utilización en el área. Se encuentran en el departamento de Escuintla: Planta Escuintla Km 62 antigua carretera a Siquinalá (río Guacalate), finca Santa Elena. Planta Palín Oeste Km 42 (cantera), ruta al Pacífico.

El material del banco Escuintla, se extrae de los sedimentos formados por el río Guacalate y son transportados a la planta; para ser triturados, separados y conformados; según los diferentes diámetros de agregados: finos y gruesos.

El material del banco Palín Oeste, se extrae en cantera por medio de voladuras, es transportado por góndolas para el proceso de trituración y tamizado. Dependiendo de la granulometría resultante, éste es separado por bandas transportadoras para conformar los diferentes diámetros de agregados: finos y gruesos.

Las muestras tomadas en estos bancos, consisten en arena y piedrín de 1pulg.

### **2.1 Localización**

#### **2.1.1 Planta Escuintla**

La ubicación de esta planta en coordenadas UTM es (0736271, 1578961), zona 15P; a una elevación aproximada de 280msnm.

**Figura 2. Ubicación de la Planta Escuintla**

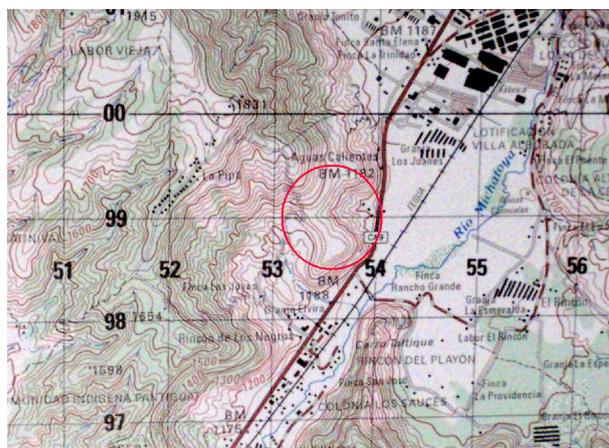


Fuente: Instituto Geográfico Nacional, hoja Escuintla.

### 2.1.2 Planta Palín Oeste

La planta se ubica en coordenadas UTM (0753509, 1597994), zona 15P; a 1,203msnm aproximadamente.

**Figura 3. Ubicación de la Planta Palín Oeste**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, Hoja Amatitlán.

## **2.2 Descripción geológica de los bancos**

Los accidentes geográficos del departamento de Escuintla, relacionados directamente con la geología del terreno y por lo tanto, con el tipo de material encontrado, son descritos así: La elevación del terreno varía desde más de 3,650m de altitud (volcán de Agua), hasta el nivel del mar.

El área desagua a través de varios ríos relativamente cortos en el océano Pacífico. Más o menos un tercio del área se encuentra en la división geográfica del declive del Pacífico (incluye los conos volcánicos rodeados de terreno mas plano) y el resto en la división del litoral del Pacífico.

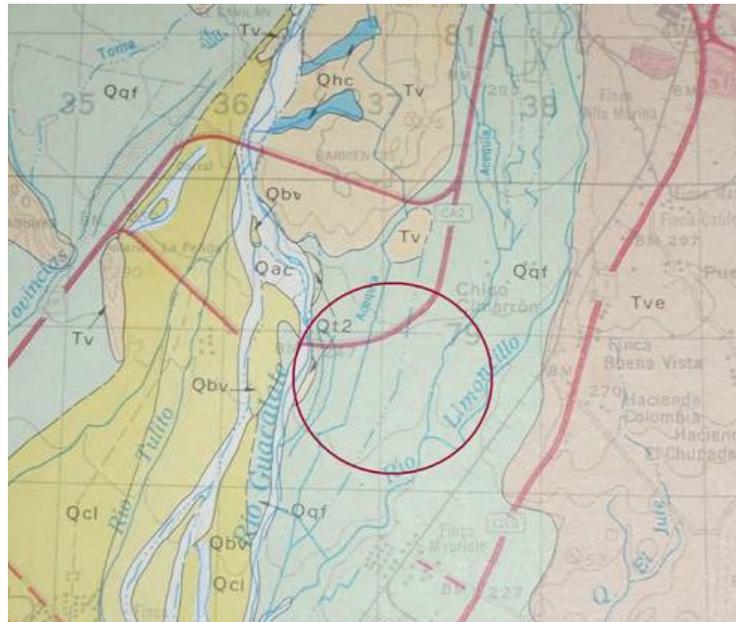
El declive del Pacífico es un terreno plano inclinado formado principalmente de un sistema de abanicos aluviales coalescentes formados durante los períodos de actividad volcánica. Gran parte de la superficie esta cubierta de ceniza volcánica y en muchos otros lugares se encuentra lahar.

El litoral del Pacífico es un llano casi plano limitado al sur por el océano Pacífico, compuesto de sedimentos depositados en una parte del mar poco profunda. El 70% del área de la región consiste en suelos arenosos bien drenados y el resto en suelos de textura pesada.

### **2.2.1 Planta Escuintla**

Según el Ministerio de Agricultura, la clasificación del suelo del área es del Tipo I, suelos del declive del Pacífico, subdividido en el grupo F, suelos poco profundos sobre materiales volcánicos mezclados; que corresponde al área del río Guacalate.

**Figura 4. Formación geológica Planta Escuintla**



**Fuente:** Instituto Geográfico Nacional, Mapa Geológico, Hoja Escuintla.

Según la información del mapa geológico la simbología Qqf que corresponde al área de la planta; los materiales encontrados son sedimentos fluviales y laháricos del río Guacalate.

**Figura 5. Fotografía satelital de la Planta Escuintla**



**Fuente:** Google maps.

### 2.2.2 Planta Palín Oeste

Según la información del Ministerio de Agricultura, el suelo donde se encuentra este banco es del tipo I, suelos del declive del Pacífico, subgrupo C, suelos profundos sobre materiales volcánicos de color oscuro, dentro de la región de Palín.

**Figura 6. Formación geológica Planta Palín Oeste**



**Fuente:** Instituto Geográfico Nacional, Mapa Geológico, Hoja Amatitlán.

Según la descripción de la simbología de la hoja, *Ti-a* corresponde a lahar y lavas de composición intermedia sin dividir y *Ti* a intrusiones andesíticas.

**Figura 7. Fotografía satelital del banco de la Planta Palín Oeste**



**Fuente:** Google maps

### **3. ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **3.1 Tabulación y análisis de resultados**

Las muestras de agregados fueron analizadas en los laboratorios del CETEC (Centro Tecnológico de Cementos Progreso, S.A.) y del CII (Centro de Investigaciones de Ingeniería de la USAC).

##### **3.1.1 Resultados de los ensayos de la norma ASTM C 33**

Los resultados de los análisis físicos para agregados fino y grueso se muestran a continuación, así como las gráficas de granulometría en conjunto con los datos que la conforman para el banco de la Planta de Escuintla y de la Planta Palín Oeste de Agregua.

###### **3.1.1.1 Agregado fino**

Los ensayos de granulometría se hicieron conforme a la norma ASTM C 136 y el análisis se hizo con base a la norma ASTM C 33.

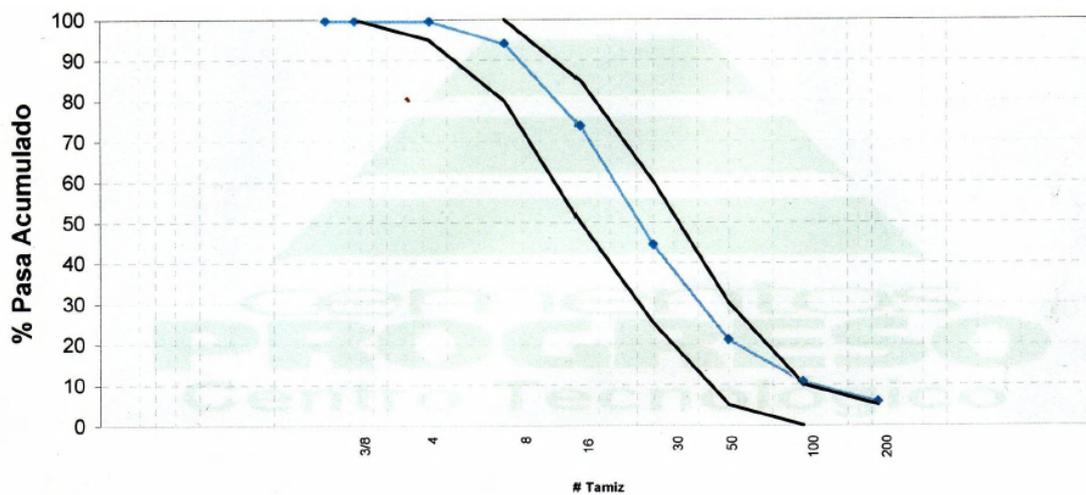
Luego se muestran los resultados de los análisis físicos en las tablas VIII y X para el banco de Escuintla y el banco de Palín Oeste respectivamente.

### 3.1.1.1.1 Muestra Escuintla

Tabla VII. Granulometría de agregado fino Planta Escuintla (CETEC)

# Tamiz		Masa retenida	Pasa acumulado
mm	pulg	g	%
9.5	3/8	-	100
4.75	4	0.5	99.9
2.36	8	26.9	94.5
1.18	16	101.8	74.2
0.6	30	146.3	44.9
0.3	50	117.2	21.5
0.15	100	52.1	11
0.075	200	24.3	6.2

Figura 8. Granulometría ASTM C 136 de agregado fino Planta Escuintla



Fuente: Informe análisis de norma ASTM C 33, agregado fino Planta Escuintla (CETEC).

**Tabla VIII. Resultados físicos según norma ASTM C 33 para agregado fino Planta Escuintla (CETEC)**

Materia orgánica	0.3	ASTM C 40
% Humedad	0.29	ASTM C 566
Densidad relativa (ss)	2.7	ASTM C 128
% Absorción	1.58	ASTM C 128
Masa unitaria compactada (Kg/m <sup>3</sup> )	1616	ASTM C 29
Masa unitaria suelta (Kg/m <sup>3</sup> )	1436	ASTM C 29
Masa unitaria suelta húmeda (Kg/m <sup>3</sup> )	-	ASTM C 29
% Pasa tamiz 0.075 mm	6.172	ASTM C 117
Módulo de finura	2.54	ASTM C 136

Según los resultados de los ensayos se analizó lo siguiente:

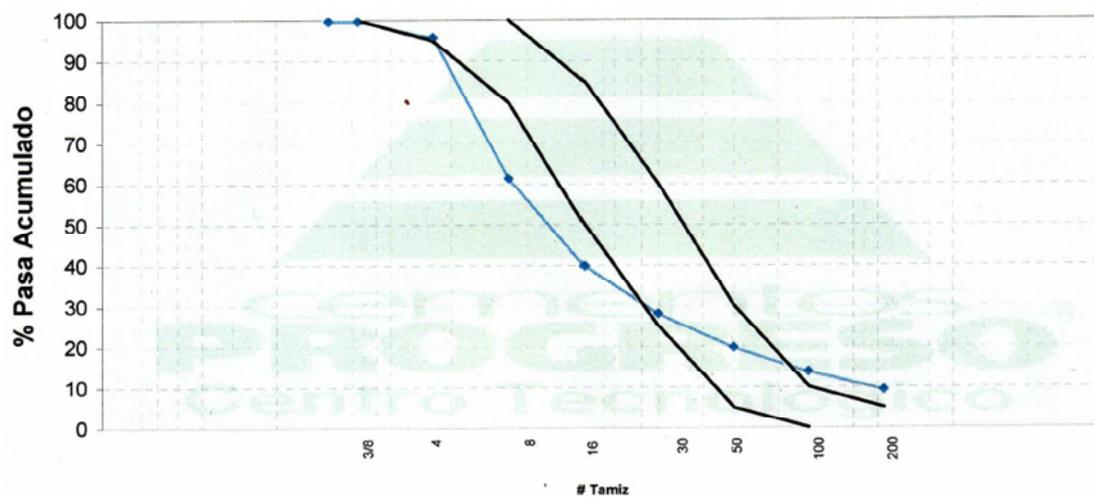
- a. El agregado muestra buena graduación, no se retiene en ningún tamiz más del 45% de la cantidad total de la muestra entre tamices consecutivos.
- b. El módulo de finura 2.54, se encuentra en el rango aceptable (2.3-3.1).
- c. La cantidad de materia orgánica es aprobada según norma ASTM C 88, teniendo como número de color estándar el número 3.
- d. Los datos de porcentaje de humedad y porcentaje de absorción se tomaran en cuenta para el diseño de mezcla.
- e. La masa unitaria suelta es utilizada para hacer los cálculos del diseño de mezcla.
- f. La masa unitaria compactada, se utiliza para hacer cálculo de cantidades de agregado al momento de este, ser transportado del banco de origen hacia el lugar de la obra.

### 3.1.1.1.2 Muestra Palín Oeste

Tabla IX. Granulometría de agregado fino Planta Palín Oeste (CETEC)

# Tamiz		Masa retenida	Pasa acumulado
mm	pulg	g	%
9.5	3/8	-	100
4.75	4	19.7	96.1
2.36	8	171.7	61.7
1.18	16	107.4	40.2
0.6	30	58.6	28.5
0.3	50	41.4	20.2
0.15	100	29.9	14.2
0.075	200	22.6	9.7

Figura 9. Granulometría ASTM C 136 de agregado fino Planta Palín Oeste



**Tabla X. Resultados físicos según norma ASTM C 33 para agregado fino Planta Palín Oeste (CETEC)**

Materia orgánica	0	ASTM C 40
% Humedad	0.5	ASTM C 566
Densidad relativa (ss)	2.65	ASTM C 28
% Absorción	0.99	ASTM C 128
Masa unitaria compactada (Kg/m <sup>3</sup> )	1864	ASTM C 29
Masa unitaria suelta (Kg/m <sup>3</sup> )	1656	ASTM C 29
Masa unitaria suelta húmeda (Kg/m <sup>3</sup> )	1632	ASTM C 29
%Pasa tamiz 0.075 mm	9.732	ASTM C117
Módulo de finura	3.39	ASTM C136

Según los resultados de los ensayos se analizó lo siguiente:

- a. El agregado muestra buena graduación, no se retiene en ningún tamiz más del 45% de la cantidad total de la muestra entre tamices consecutivos, según la gráfica del material, este no cumple con los límites establecidos para la cantidad de agregado de diámetros de los tamices números 8 y 16, la cantidad que se debe retener en estos tamices debe ser menor.
- b. El módulo de finura 3.39, no se encuentra en el rango aceptable (2.3-3.1).
- c. La cantidad de materia orgánica es aprobada, según norma ASTM C 88, no presentó coloración.
- d. Los datos de porcentaje de humedad y porcentaje de absorción se tomaran en cuenta para el diseño de mezcla.
- e. La masa unitaria suelta es utilizada para hacer los cálculos del diseño de mezcla.

- f. La masa unitaria compactada se utiliza para hacer cálculo de cantidades de agregado al momento de éste ser transportado del banco de origen hacia el lugar de la obra.

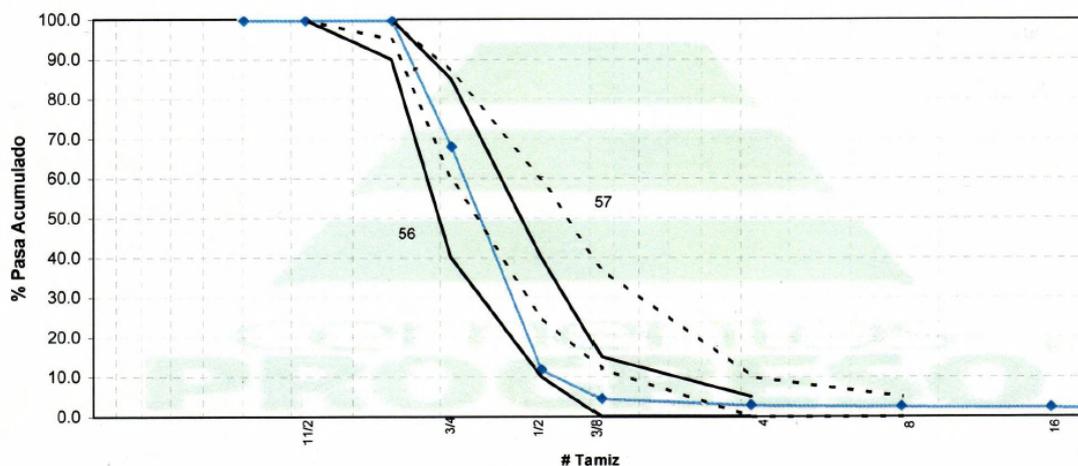
### 3.1.1.2 Agregado grueso

#### 3.1.1.2.1 Muestra Escuintla

Tabla XI. Granulometría de agregado grueso Planta Escuintla (CETEC)

# Tamiz		Masa retenida	Pasa acumulado
mm	pulg	g	%
50	2	-	100
37.5	1 ½	-	100
25	1	-	100
19	¾	2220.1	68.3
12.5	½	3925	12.2
9.5	3/8	513	4.9
4.75	4	111.1	3.3
2.36	8	22.5	3
1.18	16	16.3	2.7

Figura 10. Granulometría ASTM C 136 de agregado grueso Planta Escuintla



**Tabla XII. Resultados físicos según norma ASTM C 33 para agregado grueso Planta Escuintla (CETEC)**

Densidad relativa (ss)	2.6	ASTM C 127
% Absorción	2.48	ASTM C 127
Masa unitaria compactada (Kg/m <sup>3</sup> )	1404	ASTM C 29
Masa unitaria suelta (Kg/m <sup>3</sup> )	1308	ASTM C 29
Masa unitaria suelta húmeda (Kg/m <sup>3</sup> )	-	ASTM C 29
%Pasa tamiz 0.075 mm	1	ASTM C 117
Módulo de finura	7.18	ASTM C 136

De los resultados obtenidos se analizó:

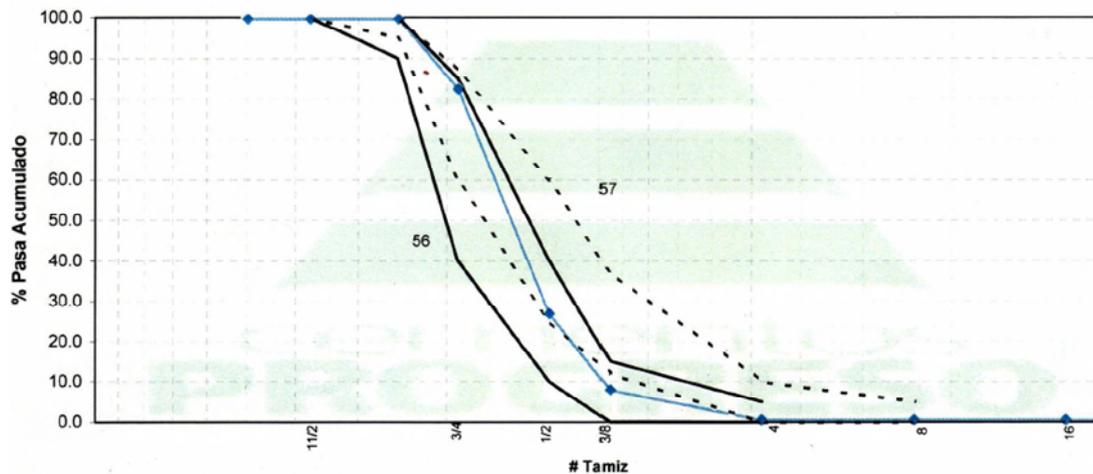
- a. Según los resultados de porcentajes que pasa en cada tamiz y según la graduación requerida en la tabla tal (marco teórico) de la norma ASTM C 33, este agregado es número 56, de tamaño nominal 1pulg a 3/8pulg.
- b. Según la norma ASTM C 33 el agregado grueso no importando de que clase sea, no debe contener más del 1% de material que pasa el tamiz 0.075mm (número 200), cumpliendo entonces la muestra con este requisito.
- c. El porcentaje de absorción se tomará en cuenta para el diseño de mezcla.
- d. La masa unitaria suelta es utilizada para hacer los cálculos del diseño de mezcla.
- e. La masa unitaria compactada se utiliza para hacer cálculo de cantidades de agregado al momento de éste ser transportado del banco de origen hacia el lugar de la obra.

### 3.1.1.2.2 Muestra Palín Oeste

Tabla XIII. Granulometría de agregado grueso Planta Palín Oeste (CETEC)

# Tamiz		Masa retenida	Pasa acumulado
mm	pulg	g	%
50	2	-	100
37.5	1 1/2	-	100
25	1	-	100
19	3/4	1208.6	82.7
12.5	1/2	3890	27.2
9.5	3/8	1322	8.3
4.75	4	510.7	1
2.36	8	2	1
1.18	16	0.7	0.9

Figura 11. Granulometría ASTM C 136 de agregado grueso Planta Palín Oeste



**Tabla XIV. Resultados físicos según norma ASTM C 33 para agregado grueso Planta Palín Oeste (CETEC)**

Densidad relativa (ss)	2.67	ASTM C 127
% Absorción	0.5	ASTM C 127
Masa unitaria compactada (Kg/m <sup>3</sup> )	1552	ASTM C 29
Masa unitaria suelta (Kg/m <sup>3</sup> )	1444	ASTM C 29
Masa unitaria suelta húmeda (Kg/m <sup>3</sup> )	-	ASTM C 29
%Pasa tamiz 0.075 mm	0.81	ASTM C 117
Módulo de finura	7.06	ASTM C 136

De los resultados obtenidos se analizó:

- a. Según los resultados de porcentajes que pasa en cada tamiz y según la graduación requerida en la tabla tal (marco teórico) de la norma ASTM C 33, este agregado es número 56, de tamaño nominal 1pulg a 3/8pulg.
- b. Según la norma ASTM C 33 el agregado grueso no importando de que clase sea, no debe contener más del 1% de material que pasa el tamiz 0.075mm (número 200), cumpliendo entonces la muestra con este requisito, con un porcentaje de 0.81.
- c. El porcentaje de absorción se tomará en cuenta para el diseño de mezcla.
- d. La masa unitaria suelta es utilizada para hacer los cálculos del diseño de mezcla.
- e. La masa unitaria compactada se utiliza para hacer cálculo de cantidades de agregado, al momento de éste ser transportado del banco de origen hacia el lugar de la obra.

### **3.1.2 Resultados de los ensayos de la norma ASTM C 131**

Los ensayos de abrasión fueron realizados en el laboratorio de CETEC (Centro Tecnológico de Cementos Progreso, S.A.) para las muestras de agregado grueso de ambos bancos.

#### **3.1.2.1 Muestra Escuintla**

Según la graduación de la muestra este material se clasificó como tipo B, utilizando  $2500 \pm 10$  g de material retenido en el tamiz 12.5mm más  $2500 \pm 10$  g de material retenido en el tamiz 9.5mm, para una muestra total de  $5000 \pm 10$  g. La muestra presentó un desgaste del 43%, estando dentro del límite superior del rango de desgaste permitido según la norma ASTM C 33 (10-45%).

#### **3.1.2.2 Muestra Palín Oeste**

Según la graduación de la muestra este material se clasificó como tipo B, utilizando  $2500 \pm 10$  g de material retenido en el tamiz 12.5mm más  $2500 \pm 10$  g de material retenido en el tamiz 9.5mm para una muestra total de  $5000 \pm 10$  g. La muestra presentó un desgaste del 16%, estando dentro del rango de desgaste permitido según la norma ASTM C 131 (10-45%).

### **3.1.3 Resultados de los ensayos de la norma ASTM C 289**

Estos ensayos se realizaron en la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la USAC para las cuatro muestras de los dos bancos analizados.

Se debe tomar en cuenta que los resultados de esta norma se complementan con resultados de otros ensayos (ASTM C 295 y C 227), por lo que el análisis no es totalmente concluyente.

Para ambos bancos (Planta Escuintla y Planta Palín Oeste), tanto el agregado fino como el agregado grueso, dieron resultados inocuos, es decir, que este no tendrá reacciones álcali sílice dañinas al concreto, esto por la cantidad de sílice que las muestras contienen a pesar de ser de origen ígneo, el grado de acidez de la roca es bajo.

### **3.1.4 Resultados de los ensayos de la norma ASTM C 295**

#### **3.1.4.1 Agregado fino**

Para la evaluación del agregado fino, se hizo el análisis de granulometría en el CII, para luego completar el ensayo de esta norma en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas de la USAC (CESEM).

##### **3.1.4.1.1 Muestra Escuintla**

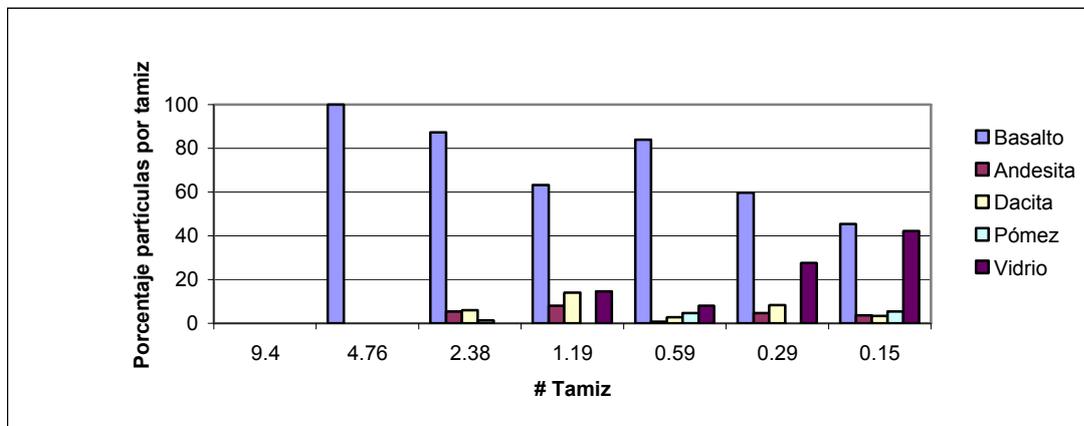
**Tabla XV. Granulometría de agregado fino Planta Escuintla (CII)**

<b>Tamiz número</b>		<b>% Pasa</b>	<b>% Retenido</b>
<b>3/8</b>	<b>9.4</b>	100	0
<b>4</b>	<b>4.76</b>	99.84	0.16
<b>8</b>	<b>2.38</b>	92.67	7.17
<b>16</b>	<b>1.19</b>	71.87	20.8
<b>30</b>	<b>0.59</b>	41.84	30.03
<b>50</b>	<b>0.29</b>	20.3	21.54
<b>100</b>	<b>0.15</b>	9.9	10.4
<b>Fondo</b>			9.9

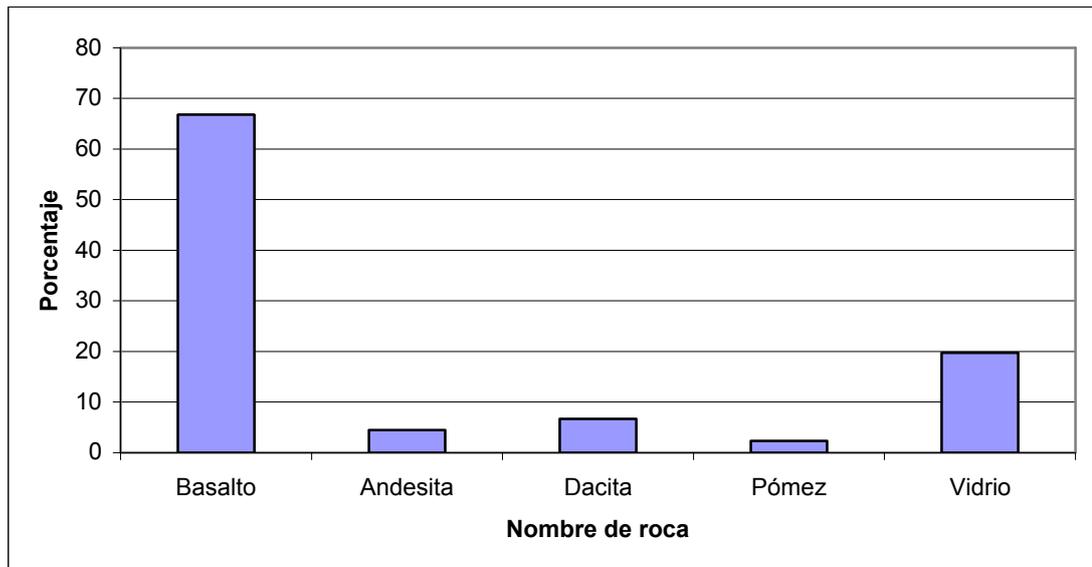
**Tabla XVI. Análisis petrográfico de agregado fino Planta Escuintla**

Nombre de la roca	Cantidad de partículas en cada tamiz						
	9.4	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15
Basalto	0	2	131	95	126	102	85
Andesita	0	0	8	12	1	8	7
Dacita	0	0	9	21	4	14	6
Pómez	0	0	2	0	7	0	10
Vidrio	0	0	0	22	12	47	79
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>150</b>	<b>171</b>	<b>187</b>

**Figura 12. Distribución de rocas que conforman la muestra agregado fino Planta Escuintla**



**Figura 13. Contenido promedio de la muestra agregado fino Planta Escuintla**



### 3.1.4.1.2 Muestra Palín Oeste

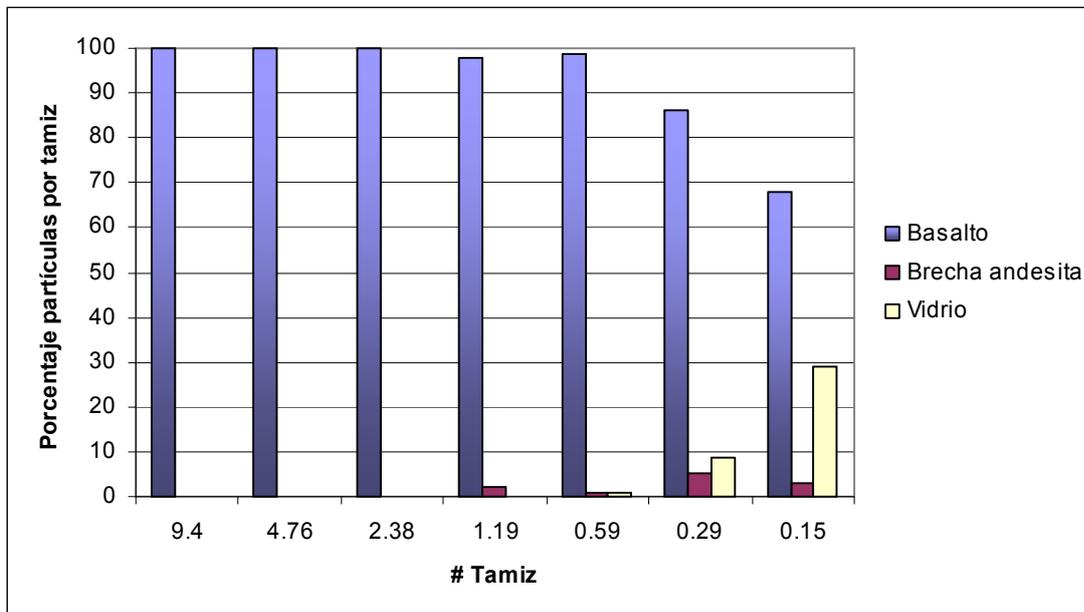
**Tabla XVII. Granulometría de agregado fino Planta Palín Oeste (CII)**

Tamiz número		% Pasa	% Retenido
3/8	9.4	99.77	0.23
4	4.76	99.04	0.73
8	2.38	80.44	18.6
16	1.19	61.67	18.77
30	0.59	46.06	15.61
50	0.29	32.76	13.3
100	0.15	20.05	12.71
Fondo			20.05

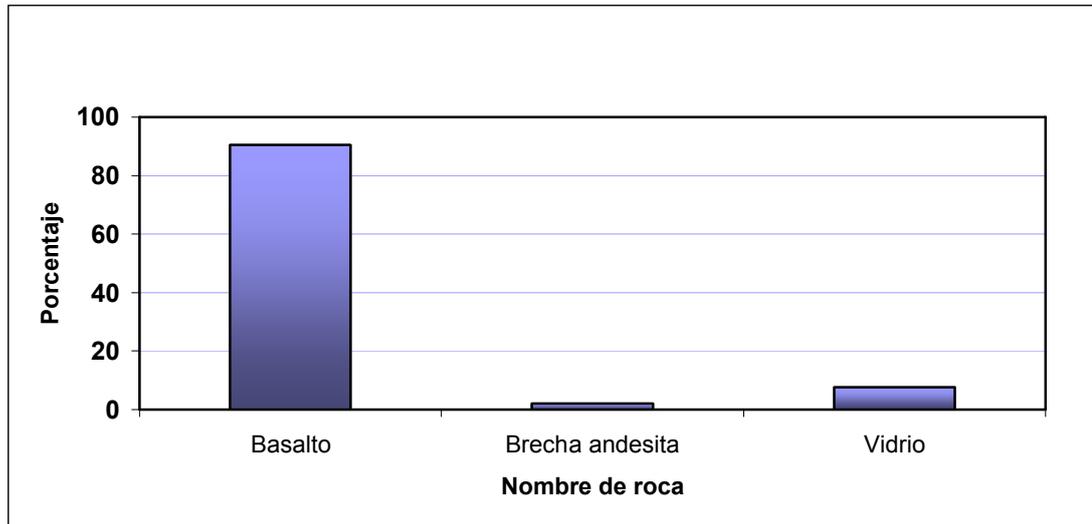
**Tabla XVIII. Análisis petrográfico agregado fino Planta Palín Oeste**

Nombre de la roca	Cantidad de partículas en cada tamiz						
	9.4	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15
Basalto	1	66	159	147	295	148	150
Brecha andesita	0	0	0	3	2	9	7
Vidrio	0	0	0	0	2	15	64
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>66</b>	<b>159</b>	<b>150</b>	<b>299</b>	<b>172</b>	<b>221</b>

**Figura 14. Distribución de rocas que conforman la muestra agregado fino Planta Palín Oeste**



**Figura 15. Contenido promedio de la muestra agregado fino Planta Palín Oeste**



### 3.1.4.2 Agregado grueso

Se hizo un análisis visual a las diferentes clases de roca, encontradas en las muestras y se hizo una tabla resumen, con las características de cada una. Las tablas se muestran a continuación:

**Tabla XIX. Características de las rocas de agregado grueso Planta Escuintla**

Nombre	Tipo	Subtipo	Color	Estructura	Textura
Andesita	Ígnea	Extrusiva	Gris oscuro	-	Porfirítica
Andesita	Ígnea	Extrusiva	Gris claro	-	Afanítica
Dacita	Ígnea	Extrusiva	Rojo	Vesicular	Afanítica

**Tabla XX. Características de las rocas de agregado grueso Planta Palín Oeste**

Nombre	Tipo	Subtipo	Color	Estructura	Textura
Basalto	Ígnea	Extrusiva	Gris oscuro	-	Afanítica

### 3.1.4.2.1 Composición química

Las rocas ígneas están compuestas por Si y O en grandes cantidades y por Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, entre otros, en menores cantidades. A continuación se presenta la composición química teórica de las rocas que forman las muestras de los agregados gruesos de ambos bancos.

#### 3.1.4.2.1.1 Banco Escuintla

Según el resultado de la inspección visual hecha a la muestra de agregado grueso, la composición química de cada roca se lista a continuación.

**Tabla XXI. Resultado teórico de la composición química de la roca de agregado grueso andesita Planta Escuintla**

Composición química	Porcentaje
SiO <sub>2</sub>	57.94
TiO <sub>2</sub>	0.87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.27
FeO	4.04
MnO	0.14
MgO	3.33
CaO	6.79
Na <sub>2</sub> O	3.48
K <sub>2</sub> O	1.62
H <sub>2</sub> O+	0.83
H <sub>2</sub> O-	0.34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21
CO <sub>2</sub>	0.05
<b>Total</b>	<b>99.93</b>

**Fuente:** Igneous and Metamorphic Petrology, Apéndice D.

**Tabla XXII. Resultado teórico de la composición química de la roca de agregado grueso dacita Planta Escuintla**

<b>Composición química</b>	<b>Porcentaje</b>
SiO <sub>2</sub>	65.01
TiO <sub>2</sub>	0.58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.43
FeO	2.30
MnO	0.09
MgO	1.78
CaO	4.32
Na <sub>2</sub> O	3.79
K <sub>2</sub> O	2.17
H <sub>2</sub> O+	0.91
H <sub>2</sub> O-	0.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15
CO <sub>2</sub>	0.06
<b>Total</b>	<b>99.78</b>

**Fuente:** Igneous and Metamorphic Petrology, Apéndice D.

Podemos decir, entonces, que según el porcentaje de SiO<sub>2</sub>, dentro del rango del 52 al 66%, ambas rocas se clasifican como intermedias (grado de acidez), relacionando los resultados de la norma ASTM C 289 como inocuos a la reactividad álcali-sílice.

#### **3.1.4.2.1.2 Banco Palín Oeste**

El resultado teórico de la composición química del agregado grueso es el siguiente:

**Tabla XXIII. Resultado teórico de la composición química de la roca de agregado grueso basalto Planta Palín Oeste**

<b>Composición química</b>	<b>Porcentaje</b>
SiO <sub>2</sub>	49.20
TiO <sub>2</sub>	1.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.79
FeO	7.13
MnO	0.20
MgO	6.73
CaO	9.47
Na <sub>2</sub> O	2.91
K <sub>2</sub> O	1.10
H <sub>2</sub> O+	0.95
H <sub>2</sub> O-	0.43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.35
CO <sub>2</sub>	0.11
<b>Total</b>	<b>99.95</b>

**Fuente:** Igneous and Metamorphic Petrology, Apéndice D.

Según la concentración de SiO<sub>2</sub> en el basalto, en un rango del 45 al 52%, el basalto se clasifica como básico, resultando entonces como inocuo al relacionarlo con el resultado de la norma ASTM C 289 a la reacción álcali-sílice.

## CONCLUSIONES

1. Según los resultados de los ensayos, los agregados fino y grueso de la Planta de Escuintla, cumplen con los requisitos mínimos normados por la ASTM C 33 (especificación normalizada de agregados para concreto). Para la Planta Palín Oeste, el agregado fino se sale del rango del módulo de finura por mala graduación, esta muestra cumple con el resto de los requisitos normados y cumple con todos los requisitos para el agregado grueso.
2. La muestra de agregado grueso para los dos bancos, se encuentra por debajo del límite máximo de desgaste permitido por la norma ASTM C 131 (ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles), mostrando buenas propiedades mecánicas.
3. Según los resultados para la norma ASTM C 289 (método químico para medir la reactividad potencial de los agregados), de las dos muestras para ambos bancos son inocuos y los tipos de roca determinados por la norma ASTM C 295 (examen petrográfico de agregados), según su composición química, éstos no tendrán reacción química álcali-sílice con el Cemento Pórtland.



## RECOMENDACIONES

1. Hacer las evaluaciones mínimas a los agregados finos y gruesos, de acuerdo a las normas ASTM, C 33 (especificación normalizada de agregados para concreto), C 131 (ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles), C 289 (método químico para medir la reactividad potencial de los agregados), C 295 (examen petrográfico de agregados), y poder hacer el diseño de mezcla que se ajuste a las características (clima, elemento estructural, resistencia, etc.) determinando el posible comportamiento del concreto a corto, mediano y largo plazo, antes de utilizarlos.
2. Determinar la calidad de los agregados, a través de la evaluación bajo los estándares de las normas ASTM para concreto, descritos en este trabajo de graduación y apoyarse con normas ASTM que complementen la información obtenida, antes de determinar si el agregado cumple o no con la calidad deseada, cuando los resultados no se encuentran dentro de los límites establecidos en una de estas normas.
3. Tener al menos dos alternativas de tipos de agregados de diferentes procedencias, para poder escoger el que más se ajuste al tipo de proyecto a realizarse.



## BIBLIOGRAFÍA

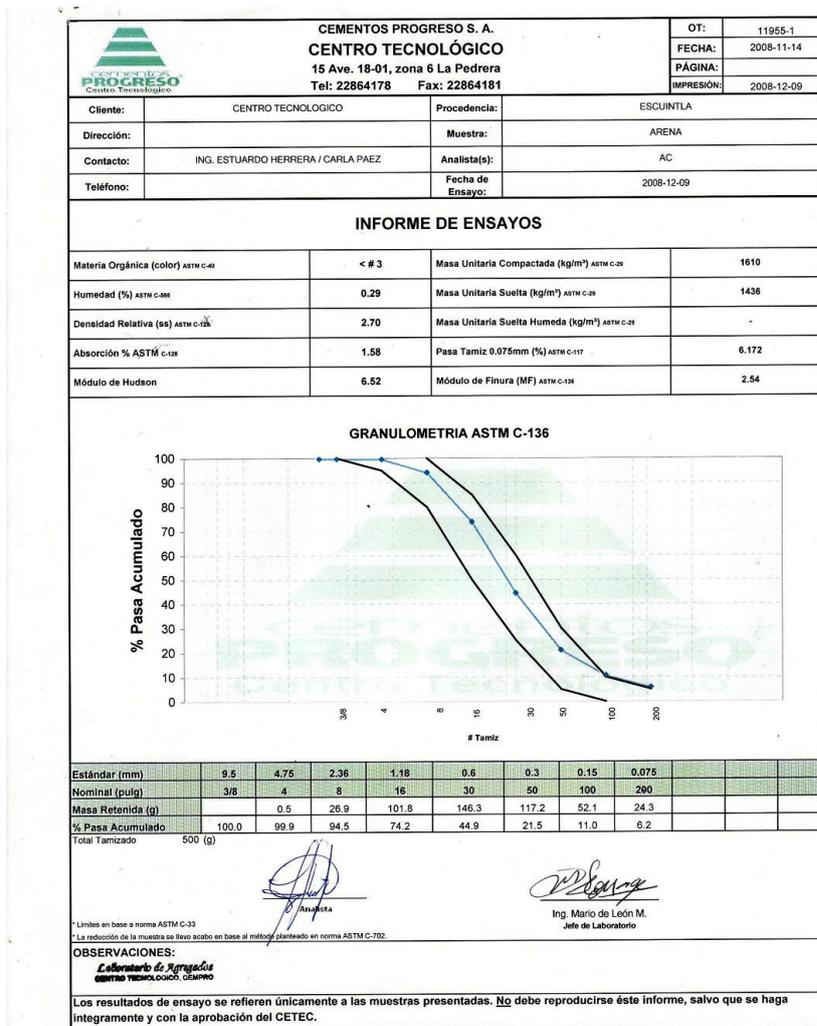
1. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards. Volumen 04.02. EEUU 1990. 804pp.
2. Best, Myron G. Igneous and Metamorphic Petrology. Editorial W.H. Freeman and Company. New York, EEUU, 1982. 630pp.
3. Simmons, Charles S.; Tarano, José Manuel; Pinto, José Humberto. Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala. Servicio Interamericano de Agricultura (SCIDA); Instituto Agropecuario Nacional (IAN). Guatemala, 1959. 1000pp.
4. Salguero Girón, Raúl Armando. Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la Ciudad de Quetzaltenango. Trabajo de graduación Ingeniería Civil. Guatemala, 2004, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 69pp.



## ANEXO A

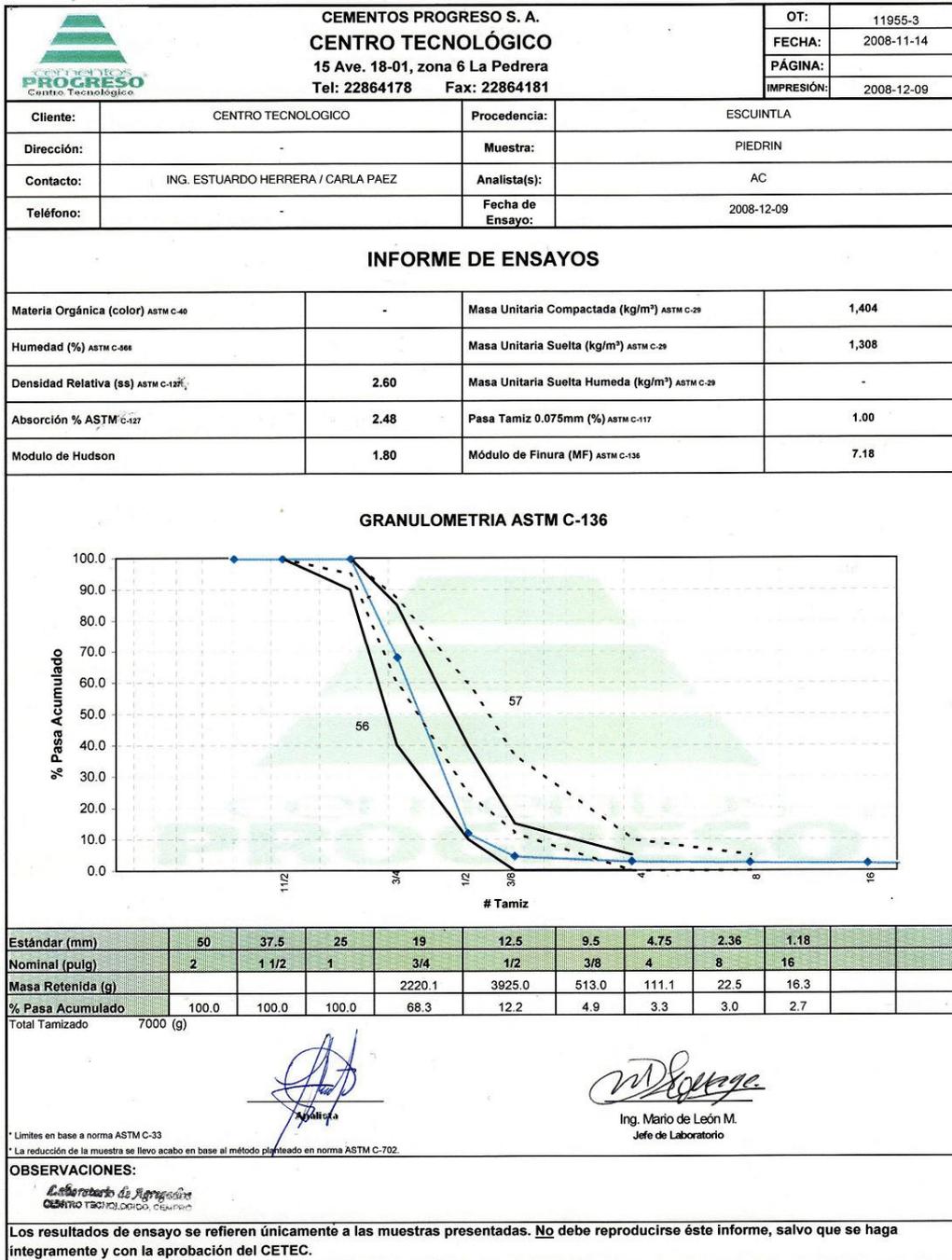
### Planta Escuintla

**Figura 16. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado fino, Planta Escuintla**



SGL-CT-AG-IE-01

**Figura 17. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado grueso, Planta Escuintla**



SGL-CT-AG-IE-02

**Figura 18. Resultados del análisis de la norma ASTM C 131, agregado grueso, Planta Escuintla**



**cementos  
PROGRESO**

OT	11955-5
FECHA	2008-12-09

### INFORME

CLIENTE:	CENTRO TECNOLÓGICO
CONTACTO:	ING. ESTUARDO HERRERA / CARLA PAEZ
MUESTRA:	PIEDRIN
PROCEDENCIA:	ESCUINTLA
ENSAYO:	DESGASTE POR ABRASION EN MAQUINA DE LOS ANGELES A 1 MUESTRA DE AGREGADO.
FECHA:	2008-Noviembre-14

---

### RESULTADOS

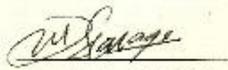
MUESTRA	1
NORMA ASTM	C-131
GRADUACION	B
% DESGASTE	43

MUESTRA 1: PIEDRIN  
MUESTRA PROPORCIONADA POR EL INTERESADO.

Atentamente,



**Analista**  
*Laboratorio de Agregados  
Centro Tecnológico Escuintla*



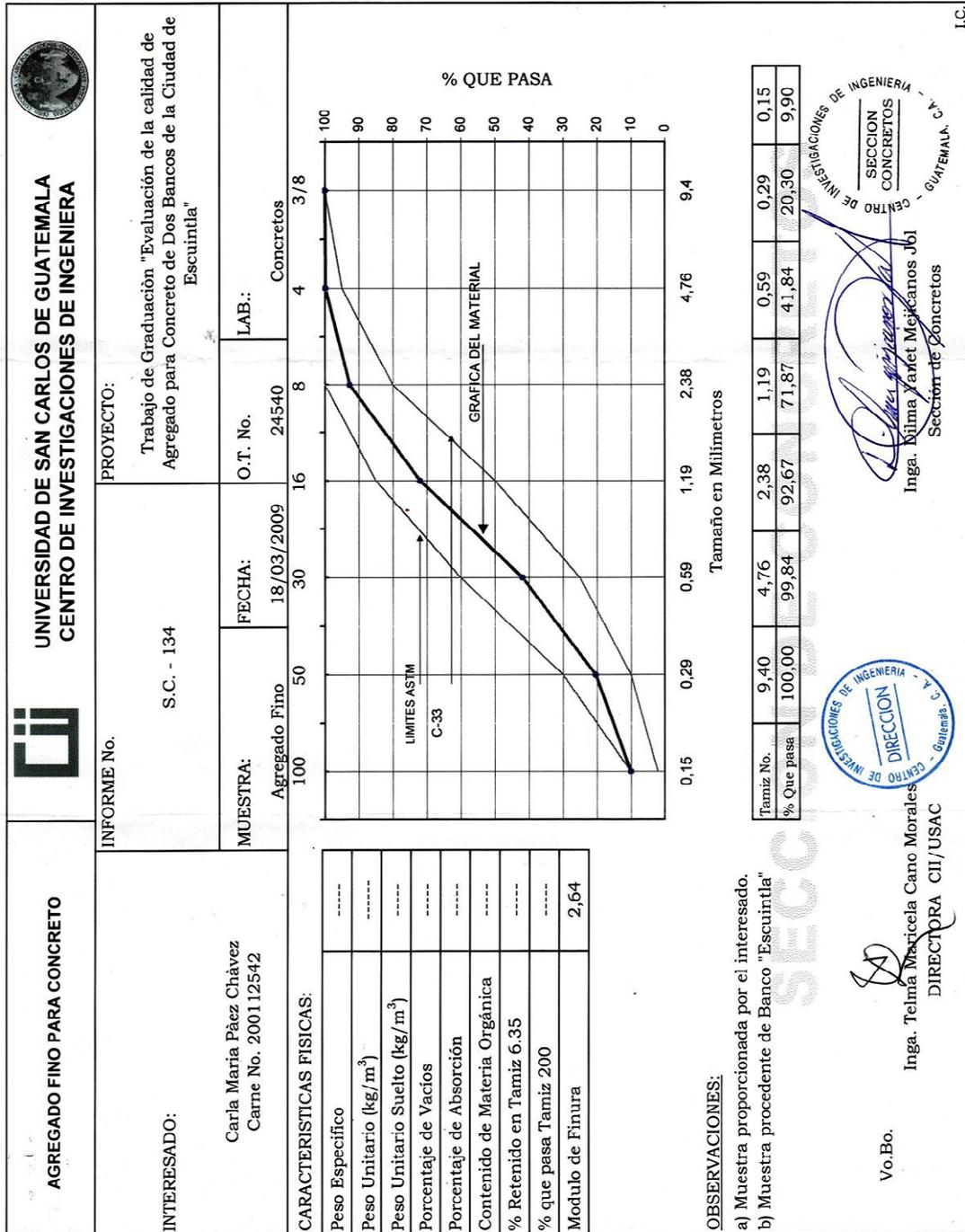
**Ing. Mario de León M.**  
Jefe de Laboratorio

Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste Informe, salvo que se haga íntegramente y con la autorización del CITEC.

15 Avenida 18-01, Zona 6 C. A. PBX: 2286-4100 Fax: 2338-9112/13  
www.cementosprogreso.com

SGL-CT-AG-IE-07

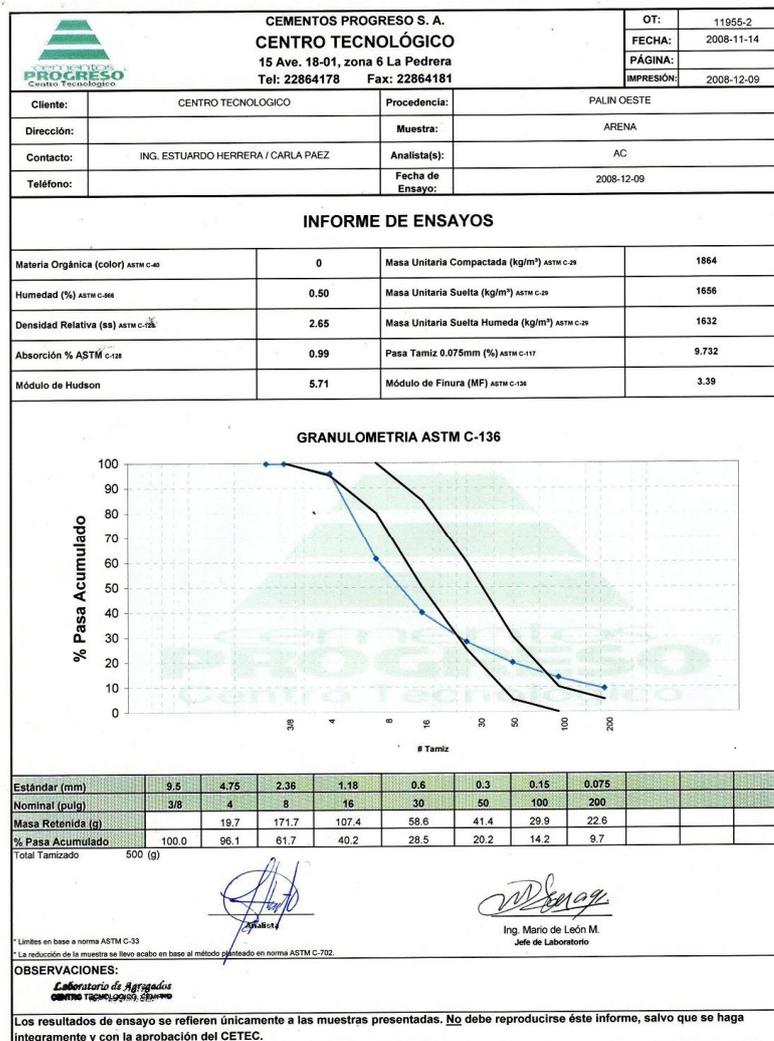
**Figura 19. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado fino para análisis de la norma ASTM C 295, Planta Escuintla**



## ANEXO B

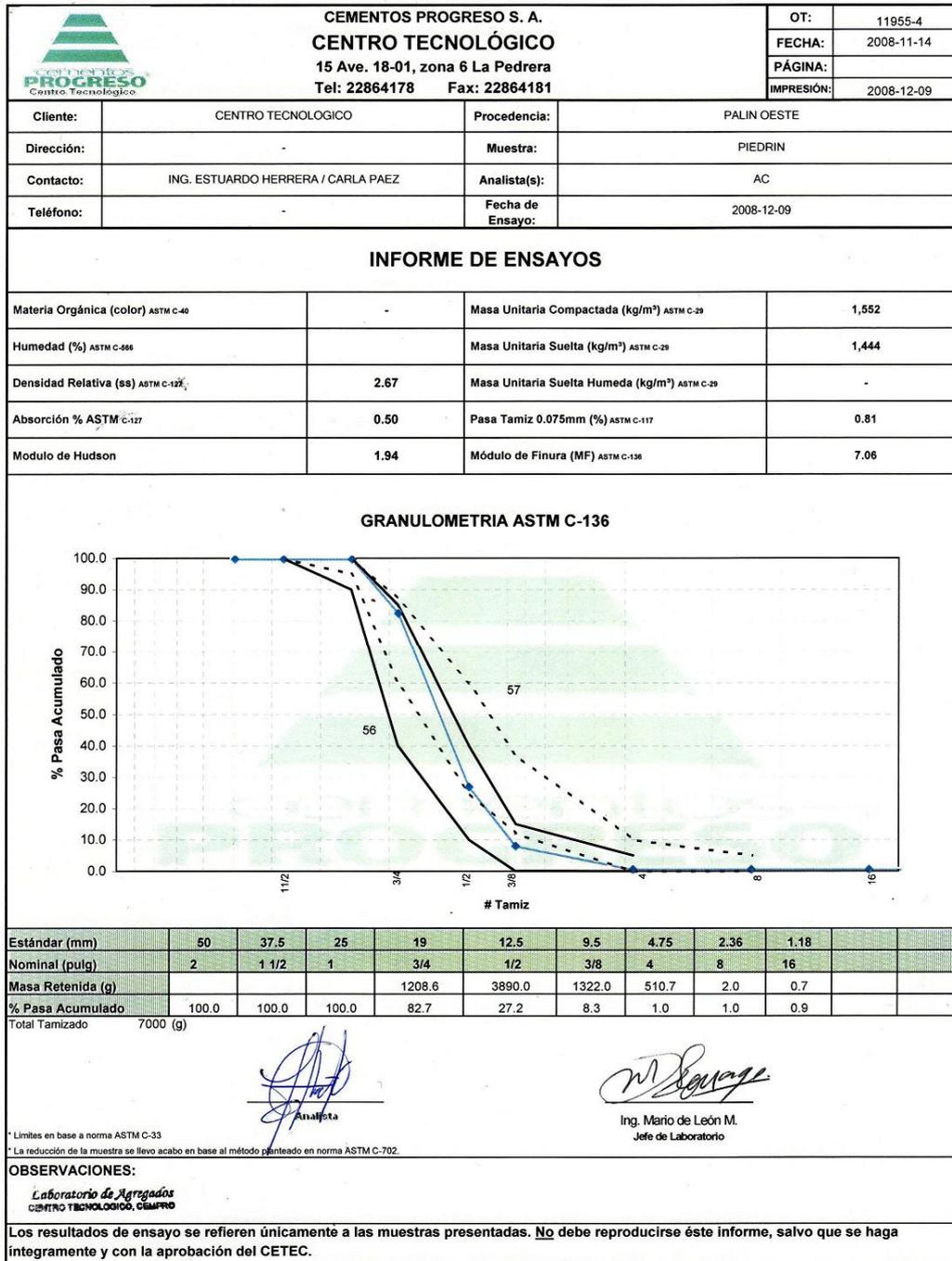
### Planta Palín Oeste

**Figura 20. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado fino, Planta Palín Oeste**



SGL-CT-AG-IE-01

Figura 21. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado grueso, Planta Palín Oeste



SGL-CT-AG-IE-02

Figura 22. Resultados del análisis de la norma ASTM C 131, agregado grueso, Planta Palín Oeste



OT	11955-6
FECHA	2008-12-09

## INFORME

CLIENTE:	CENTRO TECNOLÓGICO
CONTACTO:	ING. ESTUARDO HERRERA / CARLA PAEZ
MUESTRA:	PIEDRIN
PROCEDENCIA:	PALIN OESTE
ENSAYO:	DESGASTE POR ABRASION EN MAQUINA DE LOS ANGELES A 1 MUESTRA DE AGREGADO.
FECHA:	2008-Noviembre-14

---

## RESULTADOS

MUESTRA	1
NORMA ASTM	C-131
GRADUACION	B
% DESGASTE	16

MUESTRA 1: PIEDRIN  
 MUESTRA PROPORCIONADA POR EL INTERESADO.

Atentamente,

  
 Analista  
Laboratorio de Agregados  
CENTRO TECNOLÓGICO, CEMPRO

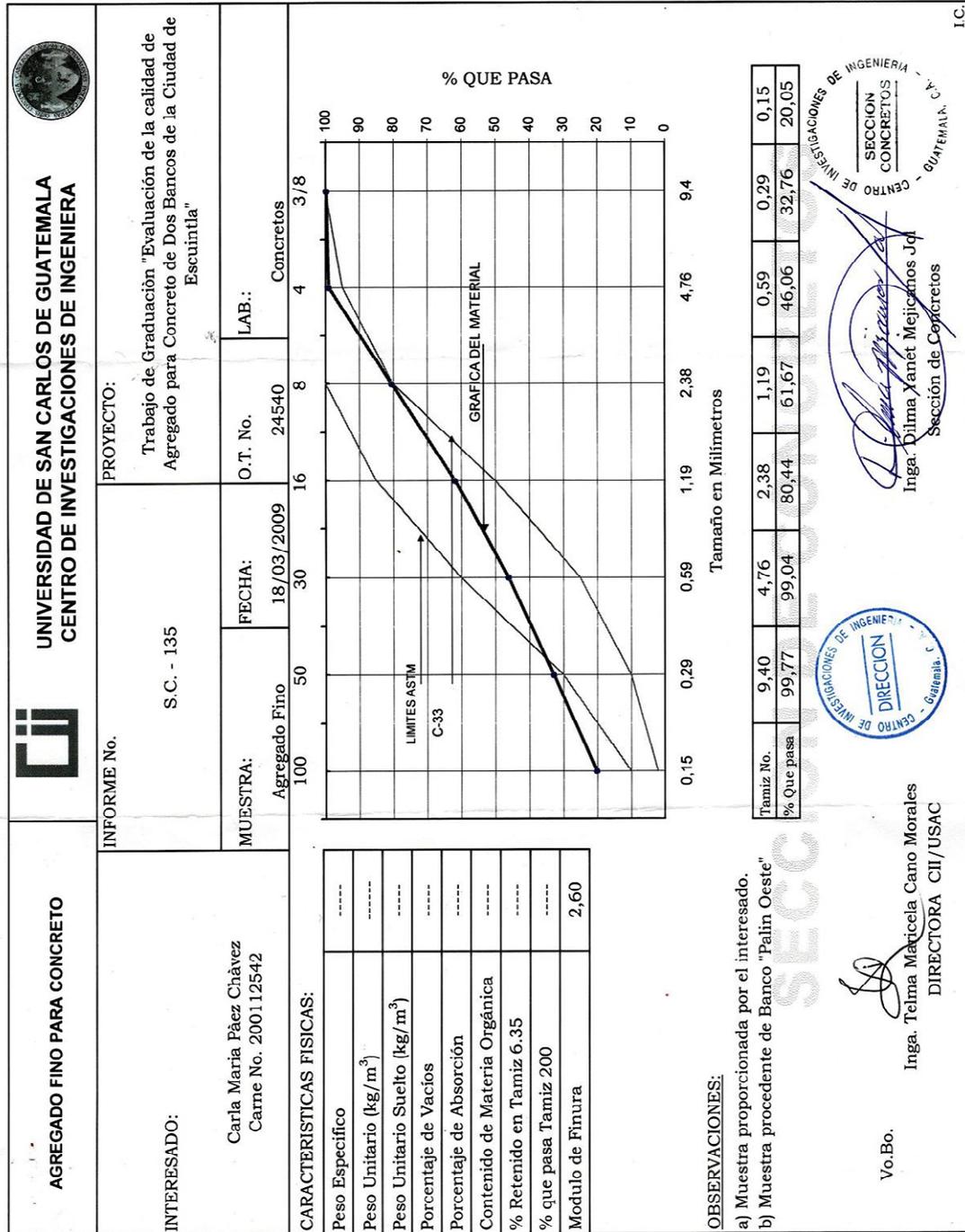
  
 Ing. Mario de León M.  
 Jefe de Laboratorio

Los resultados de ensayo se refieren únicamente a las muestras presentadas. No debe reproducirse éste informe, salvo que se haga íntegramente y con la aprobación del CETEC.

15 Avenida 18-01, Zona 6 C. A. PBX: 2286-4100 Fax: 2338-9112/13  
 www.cementosprogreso.com

SGL-CT-AG-IE-07

**Figura 23. Resultados del análisis de la norma ASTM C 33, agregado fino para análisis de la norma ASTM C 295, Planta Palín Oeste**



**Figura 24. Resultados del análisis de la norma ASTM C 289, agregado fino, Plantas Escuintla y Palín Oeste**



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



**Nº 004512**

O.T. No 24603

No. Informe Lab. 011-09

Interesado: Carla María Paéz Chávez  
Trabajo de Tesis "Evaluación de la calidad de Agregados para concretos de dos bancos de la Ciudad de Escuintla"  
Muestra: 2 muestras de agregado fino de dos bancos  
Fecha: Guatemala, 23 de marzo de 2009

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

Muestra*	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
Banco de Escuintla	155.99 ± 35.55	4.44 ± 1.93	INOCUO
Banco Palín Oeste	91.97 ± 32.49	6.66 ± 0.00	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 xx. Gráfica resultante de la norma ASTM C 289, agregado fino, Plantas Escuintla y Palín Oeste



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

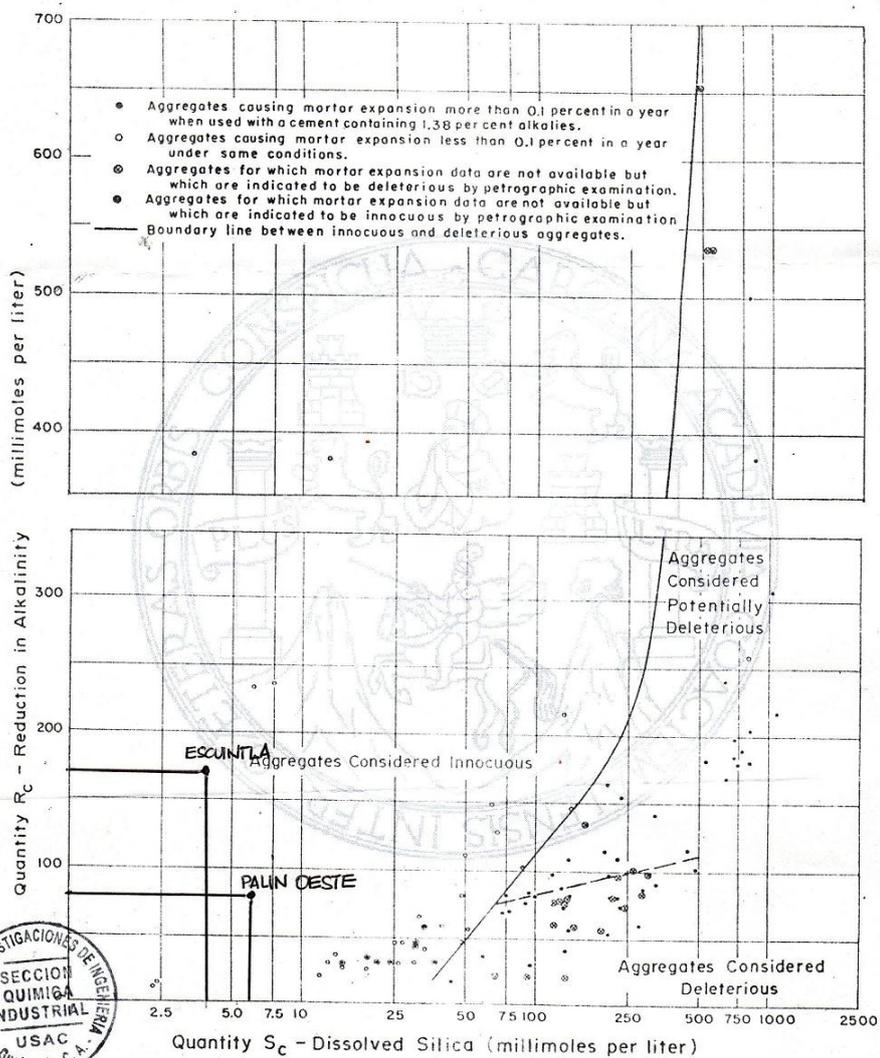


FIG. 2 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio I-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 25. Resultados del análisis de la norma ASTM C 289, agregado grueso, Plantas Escuintla y Palín Oeste**



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



Nº 003550

O.T. No 24602

No. Informe Lab. 010-09

Interesado: Carla María Paéz Chávez  
Trabajo de Tesis "Evaluación de la calidad de Agregados para concretos de dos bancos de la Ciudad de Escuintla"  
Muestra: 2 muestras de agregado grueso de dos bancos  
Fecha: Guatemala, 23 de marzo de 2009

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

Muestra*	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
Banco de Escuintla	120.66 ± 40.63	3.33 ± 0.0	INOCUO
Banco Palín Oeste	203.94 ± 35.79	3.33 ± 0.0	INOCUO

\* Muestra proporcionada por el interesado

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



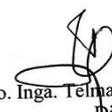
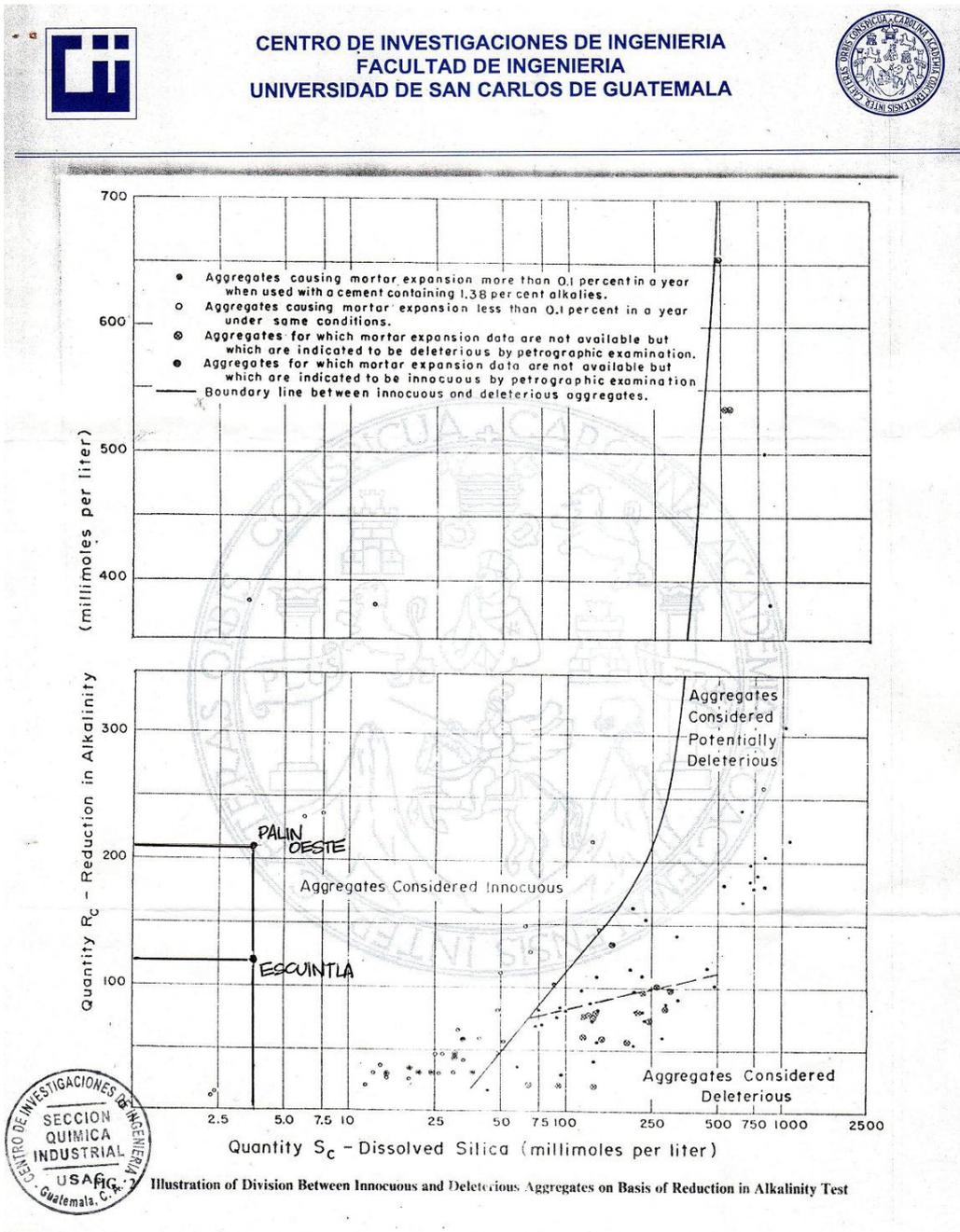
  
Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Directora  
Centro de Investigaciones de Ingeniería CII/USAC



Figura 26. Gráfica resultante de la norma ASTM C 289, agregado grueso, Plantas Escuintla y Palín Oeste



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>

## APÉNDICE

**Figura 27. Proceso de extracción de material del río Guacalate, Planta Escuintla**



**Figura 28. Proceso de transporte, trituración y conformación de diferentes diámetros de agregados, Planta Palín Oeste**



**Figura 29. Muestra agregado grueso, Planta Palín Oeste**



**Figura 30. Muestra agregado fino, Planta Palín Oeste**



**Figura 31. Coloración de muestras de agregado fino de ambos bancos, luego de estar sometidas a la solución de sulfato de sodio durante 24 horas, ASTM C 88**



**Figura 32. Matraces con muestras de agregado fino, ensayo de densidades relativas y porcentaje de absorción, ASTM C 128**



**Figura 33. Proceso de ensayo para determinar las masas unitarias del agregado grueso de la Planta Escuintla**

