



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

**CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE MATERIALES AGREGADOS
EXTRAÍDOS POR LAS TRITURADORAS UBICADAS EN: CARRETERA CA-2 OCCIDENTE
KM 130, UBICADA A ORILLA DEL RÍO, RÍO BRAVO, Y LA SEGUNDA UBICADA EN LA CA-
2 KM 107 A ORILLA DEL RÍO COYOLATE**

René Abigail Rivera Pedroza

Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE MATERIALES AGREGADOS
EXTRAÍDOS POR LAS TRITURADORAS UBICADAS EN: CARRETERA CA-2 OCCIDENTE
KM 130, UBICADA A ORILLA DEL RÍO, RÍO BRAVO, Y LA SEGUNDA UBICADA EN LA CA-
2 KM 107 A ORILLA DEL RÍO COYOLATE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RENÉ ABIGAIL RIVERA PEDROZA
ASESORADO POR LA INGA. DILMA YANET MEJICANOS JOL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Francisco Estuardo Ruíz Cruz
EXAMINADOR	Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADORA	William Ricardo Yon Chavarría
SECRETARIO	Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE MATERIALES AGREGADOS
EXTRAÍDOS POR LAS TRITURADORAS UBICADAS EN: CARRETERA CA-2 OCCIDENTE
KM 130, UBICADA A ORILLA DEL RÍO, RÍO BRAVO, Y LA SEGUNDA UBICADA EN LA CA-
2 KM 107 A ORILLA DEL RÍO COYOLATE**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha marzo de 2009.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a horizontal line at the bottom.

René Abigail Rivera Pedroza



Guatemala, 01 de Febrero de 2 011

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

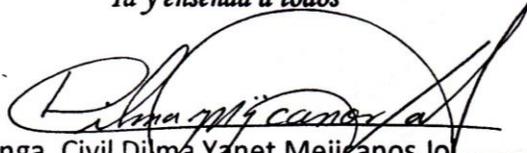
Ingeniero Ordoñez

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación "CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE MATERIALES AGREGADOS EXTRAÍDOS POR LAS TRITURADORAS UBICADAS EN: CARRETERA CA-2 OCCIDENTE KM 130, UBICADA A ORILLA DEL RÍO, RÍO BRAVO, Y LA SEGUNDA UBICADA EN LA CA-2 KM 107 A ORILLA DEL RÍO COYOLATE" elaborado con el estudiante universitario René Abigail Rivera Pedroza, quien conto con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Rivera Pedroza 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,
17 de octubre de 2011

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE MATERIALES AGREGADOS EXTRAIDOS POR LAS TRITURADORAS UBICADAS EN: CARRETERA CA-2 OCCIDENTE KM 130, UBICADA A ORILLA DEL RIO, RIO BRAVO, Y LA SEGUNDA UBICADA EN LA CA-2 KM 107 A ORILLA DEL RIO COYOLATE**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil René Abigail Rivera Pedroza, quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Civil Guillermo Francisco Mejía Salguero
Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles
FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/bbdeb.



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 Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y el Coordinador de el Departamento de Materiales de Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero al trabajo de graduación del estudiante René Abigail Rivera Pedroza, titulado **CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE MATERIALES AGREGADOS EXTRAÍDOS POR LAS TRITURADORAS UBICADAS EN: CARRETERA CA-2 OCCIDENTE KM 130, UBICADA A ORILLA DEL RÍO, RÍO BRAVO Y LA SEGUNDA UBICADA EN LA CA-2 KM 107 A ORILLA DEL RÍO COYOLATE**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero de 2012.

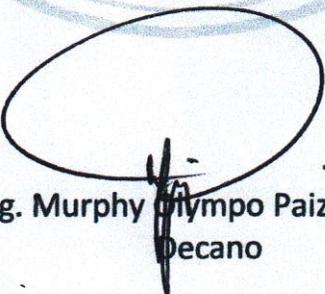
/bbdeb.



DTG. 121.2012

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 Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE MATERIALES AGREGADOS EXTRAÍDOS POR LAS TRITURADORAS UBICADAS EN CARRETERA CA-2 OCCIDENTE KM 130, UBICADA A ORILLA DEL RÍO, RÍO BRAVO, Y LA SEGUNDA UBICADA EN LA CA-2 KM 107 A ORILLA DEL RÍO COYOLATE**, presentado por el estudiante universitario **René Abigail Rivera Pedroza**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 9 de marzo de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Jehová Dios** Por mi familia, por la vida y porque me ha permitido culminar ésta meta.
- Mis padres** Antolina Pedroza Del Cid y Hermenegildo Rivera Gorgonio (q.e.p.d.), que Dios los bendiga grandemente Por todos sus consejos y apoyo.
- Mis hermanos** Por su apoyo incondicional, Sonia Rubidia, Ariel Fernando, Jairon Virgilio, Iris Marleny y Oscar Amilton.
- Mi asesora** Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol, por su paciencia.

AGRADECIMIENTOS A:

Familia Sánchez Garrido	Muy profundamente por su ayuda.
Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)	Especialmente al personal
Biblioteca de la Facultad de Ingeniería	A su personal.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Agregados.....	1
1.1.1. Escorias de altos hornos.....	2
1.1.2. Clasificación de los agregados.....	3
1.1.2.1. Por su naturaleza.....	3
1.1.2.2. Por su forma y origen	4
1.1.2.3. Por su tamaño.....	5
1.1.2.4. Clasificación por densidad	5
1.1.3. Funciones en el concreto	6
1.2. Conceptos básicos de geología	9
1.2.1. Los minerales.....	9
1.2.2. No son minerales	9
1.2.3. Asociaciones de cristales.....	10
1.3. La formación y composición de las rocas.....	11
1.3.1. Los minerales que forman las rocas	12
1.3.2. Rocas monominerales	12
1.3.3. Formas y orígenes	12

1.3.4.	La clasificación de las rocas	12
1.3.5.	El ciclo de las rocas.....	13
1.3.6.	Las rocas ígneas.....	13
1.3.7.	Las texturas ígneas.....	14
1.3.8.	Texturas y estructuras de las rocas extrusivas	15
1.3.9.	Rocas metamórficas	15
1.3.10.	Mármoles	16
1.3.11.	Las rocas sedimentarias	16
1.3.12.	Rocas clásticas	16
1.3.13.	Rocas piroclásticas	16
1.3.14.	Rocas químicas	17
1.4.	Canteras.....	17
1.5.	Propiedades de los agregados.....	17
1.5.1.	Propiedades.....	17
1.5.1.1.	Granulometría	17
1.5.1.2.	Granulometría de los agregados finos	18
1.5.1.3.	Granulometría de los agregados gruesos	19
1.5.1.4.	Módulo de finura	20
1.5.1.5.	Contenido de finos	21
1.5.2.	Propiedades físicas.....	22
1.5.3.	Propiedades mecánicas.....	27
1.5.4.	Propiedades químicas.....	27
1.5.5.	Absorción y humedad.....	28
1.5.6.	Inestabilidad.....	29
1.6.	Normas utilizadas para evaluación y análisis de agregados.....	29

1.6.1.	ASTM C29/C29M-07. Método de prueba estándar para densidad (“peso de la unidad”) y en los huecos de los agregados.....	30
1.6.2.	ASTM C33/C33M-08. Especificación estándar de agregados para concreto.....	30
1.6.3.	ASTM C40-04. Método de prueba estándar de impurezas orgánicas en pruebas de agregados para concreto	30
1.6.4.	ASTM C88-05. Método de prueba estándar para la solidez de agregados por uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	30
1.6.5.	ASTM C117-04. Método de prueba estándar para materiales más finos que 75 micras (num. 200) Tamizar en minerales agregados por lavado.....	31
1.6.6.	ASTM C127-07. Método de prueba estándar para densidad relativa (gravedad específica) y Absorción de agregados gruesos.....	31
1.6.7.	ASTM C128-07A. Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado fino.....	32
1.6.8.	ASTM C131-06. Método de prueba estándar para la resistencia a la degradación de los agregados de tamaño grueso por resistencia a la abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.....	32
1.6.9.	ASTM C136-06. Método de prueba estándar para el análisis de de agregados en cedazo fino y grueso	32

1.6.10.	ASTM C142-97 (2004). Método de prueba estándar para terrones, grumos y partículas friables en áridos	33
1.6.11.	ASTM C227-03. Método de prueba estándar para la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento-agregados (Mortero-Bar Method).....	33
1.6.12.	ASTM C289-07. Método de prueba estándar para el potencial Alkali-Silice, Reactividad de agregados (método químico)	34
1.6.13.	ASTM C295-08. Guía estándar para el examen petrográfico de áridos para hormigón	34
1.6.14.	ASTM D448-08. Clasificación de tamaños de agregados para la construcción de puentes y carreteras.....	35
1.6.15.	ASTM D4791-05 e1. Método de prueba estándar para partículas, partículas alargadas, plana y alargada o partículas en el agregado grueso	36
1.7.	Procedimientos para extracción y preparación de muestras, para ensayos de laboratorio	36
2.	PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	39
2.1.	Diseño del estudio	39
2.2.	Selección de variables.....	40
2.3.	Definición de variables.....	40
2.4.	Escala de medida	40
2.5.	Recolección de materiales	41
2.5.1.	Selección de materiales.....	41

2.5.2.	Análisis de materiales.....	41
3.	DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	43
3.1.	Extracción y preparación de las muestras de los agregados, (ASTM D75-03, norma práctica para la toma de muestras de agregados).....	44
4.	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS DE AGREGADOS.....	51
4.1.	Datos de planta ubicada en CA-2 occidente, km 130, carretera a Tiquisate, Escuintla.....	51
4.1.1.	Localización y determinación de coordenadas de posición.....	52
4.1.2.	Clima y régimen de lluvia.....	55
4.1.3.	Explotación de bancos.....	55
4.1.4.	Producción media mensual.....	56
4.2.	Datos de planta en CA-2, ubicada en km 107.....	56
4.2.1.	Localización y determinación de coordenadas de posición.....	57
4.2.2.	Clima y régimen de lluvia.....	59
4.2.3.	Explotación de los Bancos.....	59
4.2.4.	Producción media mensual.....	60
5.	ENSAYOS.....	61
5.1.	Ensayos de agregados.....	61
5.1.1.	Composición mineralógica.....	61
5.1.2.	Densidad relativa (masa específica) y absorción en agregados (ASTM C127, C128). Método de	

	prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción de agregados gruesos, (C128-07 ^a). Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado fino	61
5.1.3.	Obtención de materiales que pasan la malla 75µm (No. 200) agregados minerales por medio de lavado (ASTM C117-04. Método de prueba estándar para materiales más finos que 75 micras (número 200), tamizar en minerales agregados por lavado)	67
5.1.4.	Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos (ASTM C136-06. Método de prueba estándar para el análisis de cedazo fino y agregados gruesos)	68
5.1.5.	Masa unitaria de agregados (ASTM C29/C29M-07. Método de prueba estándar para densidad (peso de la unidad) y en los huecos de agregados)	72
5.1.6.	Sustancias deletéreas en los agregados (ASTM-C33/C33M-08. Especificación estándar para agregados de concreto)	75
5.1.7.	Impurezas orgánicas en arenas para concreto (ASTM C40-04. Método de prueba estándar de impurezas orgánicas en agregados de concreto)	85
5.1.8.	Estabilidad de agregados en solución de sulfato de sodio (ASTM C88-05). Método de prueba estándar para la solidez de agregados por uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio	87

5.1.9.	Resistencia a la abrasión de agregado grueso de tamaño pequeño por medio de la máquina de LOS ANGELES (ASTM C131-06. Método de prueba estándar para la resistencia a la degradación de los pequeños de tamaño grueso, agregados por resistencia a la abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles).....	90
5.1.10.	Terrones de arcilla y partículas friables en agregados (ASTM C142-97 (2004). Método de prueba estándar para grumos de arcilla y partículas en friable en agregados)	93
5.1.11.	Ensayo de reactividad potencial de agregados (ASTM C-289-07. Método de prueba estándar para potencial alcali-sílice reactividad de agregados (método químico))	94
5.1.12.	Examen petrográfico de los materiales Analizados (ASTM C295-08. Guía estándar para el examen petrográfico de agregados para hormigón)	106
5.1.13.	Ensayo de propiedades químicas (ASTM C227-03. Método de prueba estándar para la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento-agregados (método barra mortero)).....	117
5.1.14.	Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D448, enlista los trece números de tamaño de la ASTM C33.....	120
5.1.15.	Ensayos de partículas planas y alargadas en los agregados gruesos (ASTM D4791-05e1). Método de prueba estándar para piso partículas, partícula	

alargada, plana y alargada, o partículas en el agregado grueso	121
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	127
6.1. Documento donde se describe las diferentes características de los agregados analizados, y sus cuadros comparativos de los análisis realizados, donde se aplicarán los ensayos descritos en las normas ASTM para determinar si cumplen o no los bancos de materiales en estudio	127
6.2. Variabilidad de los agregados de acuerdo a los bancos en estudio	132
6.2.1. Planta ubicada en la CA-2 Occidente km 130 carretera a Tiquisate	132
6.2.1.1. Efecto de otras características	132
6.2.2. Planta ubicada en la CA-2, km 107	133
6.2.2.1. Efecto de otras características	133
6.2.2.2. Análisis de mezclas de concreto	133
6.2.3. Análisis de mezclas de concreto	133
6.2.3.1. Planta ubicada en la CA-2 Occidente km 130 carretera a Tiquisate	135
6.2.3.2. Planta ubicada en la CA-2, km 107.....	138
CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES	147
BIBLIOGRAFÍA	149
ANEXOS	151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Indicativos de humedad en agregados	28
2.	Ubicación de planta Trituradora en carretera CA-2, km 130.....	53
3.	Trituradora en Río Bravo, carretera CA-2, km 130 coordenadas: 14°23´00.42 N 91°21´02.69 O, elevación 337 pies SNM	53
4.	Mapa cartográfico ubicación planta de agregados km 130	54
5.	Planta trituradora en Río Bravo, carretera CA-2, km 130	56
6.	Planta Trituradora en río Coyolate, carretera CA-2, km 107, Coordenadas: 14°22´34.05 N 91°08´13.44 O, elevación 833 pies SNM	57
7.	Mapa cartográfico con ubicación de planta trituradora en río Coyolate, CA-2, km 107	58
8.	Planta trituradora en río, Coyolate, carretera CA-2, km 107	59
9.	Trituradora ubicada en el km 107	78
10.	Trituradora ubicada en el km 107	80
11.	Trituradora ubicada en el km. 130	82
12.	Trituradora ubicada en el km 130	84
13.	División entre materiales inocuos y dañinos	97
14.	Representación de los resultados obtenidos en el ensayo de reactividad potencial en agregados finos	99
15.	Representación de los resultados obtenidos en el ensayo de reactividad potencial en agregados gruesos	101

16.	Representación de los resultados obtenidos en el ensayo de reactividad potencial en agregados finos	103
17.	Representación de los resultados obtenidos en el ensayo de reactividad potencial en agregados gruesos	105
18.	Distribución de partículas en muestra	114
19.	Distribución de partículas en muestra	116
20.	Fotografía de comprobación de adherencia del cemento a la mezcla completa de concreto	119
21.	Fotografía de comprobación de adherencia del cemento a la mezcla completa de concreto	119
22.	Fotografía de preparación de los cilindros de concreto para su posterior ensayo	134
23.	Fotografía de ensayo de los cilindros en el centro de Investigaciones de ingeniería	134
24.	Fotografía de ensayo de cilindro a su máxima carga resistente	135

TABLAS

I.	Abundancia relativa de los distintos tipos de rocas en la corteza continental (expresado en volumen)	13
II.	Principales unidades de medidas utilizadas en el estudio	41
III.	Ejemplo de medidas recomendadas por la norma ASTM D75-03	50
IV.	Densidad relativa	63
V.	Porcentaje de absorción	63
VI.	Densidad relativa	64
VII.	Porcentaje de absorción	64
VIII.	Densidad relativa	65

IX.	Porcentaje de absorción	65
X.	Densidad relativa	66
XI.	Porcentaje de absorción	66
XII.	Porcentaje que pasa el tamiz 200	67
XIII.	Porcentaje que pasa el tamiz 200	68
XIV.	Análisis granulométrico	70
XV.	Análisis granulométrico	70
XVI.	Análisis granulométrico	71
XVII.	Análisis granulométrico	71
XVIII.	Masa unitaria de agregados	73
XIX.	Masa unitaria de agregados	73
XX.	Masa unitaria de agregados	74
XXI.	Masa unitaria de agregados	75
XXII.	limites de granulometría para el agregado fino según norma ASTM C33	76
XXIII.	Clasificación de la arena por su módulo de finura	77
XXIV.	Características físicas de los materiales	79
XXV.	Características físicas	81
XXVI.	Características físicas	83
XXVII.	Características físicas	85
XXVIII.	Resultados de ensayo de sulfato de sodio en 5 ciclos	88
XXIX.	Resultados de ensayo de sulfato de sodio en 5 ciclos	89
XXX.	Resultados de ensayo de sulfato de sodio en 5 ciclos	89
XXXI.	Resultados de ensayo de sulfato de sodio en 5 ciclos	90
XXXII.	Tipos de abrasión, según granulometría, utilizando 5000 gr de muestra	91
XXXIII.	Porcentaje de desgaste por abrasión	92

XXXIV.	Porcentaje de desgaste por abrasión	92
XXXV.	Porcentaje de partículas friables	93
XXXVI.	Porcentaje de partículas friables	94
XXXVII.	Resultados del ensayo de reactividad potencial	98
XXXVIII.	Resultados del ensayo de reactividad potencial	100
XXXIX.	Resultados del ensayo de reactividad potencial	102
XL.	Resultados del ensayo de reactividad potencial	104
XLI.	Clasificación de partículas en ensayo petrográfico	113
XLII.	Clasificación de partículas en ensayo petrográfico	114
XLIII.	Clasificación de partículas en ensayo petrográfico	115
XLIV.	Clasificación de partículas en ensayo petrográfico	116
XLV.	Resultados del análisis de partículas friables	122
XLVI.	Resultados del análisis de partículas friables	124
XLVII.	Comparación de resultado de los ensayos más importantes realizados.....	127
XLVIII.	Diseño teórico de mezcla del banco en estudio en planta ubicada en km 130, carretera CA-2	136
XLIX.	Resultado de la resistencia de cilindros a los 3, 7 y 21 días, en planta ubicada en km 130, carretera CA-2	137
L.	Diseño teórico de mezcla del banco en estudio en planta ubicada en km 107, carretera CA-2	139
LI.	Resultado de la resistencia de cilindros a los 3, 7 y 21 días, en planta ubicada en km 107, carretera CA-2	140

GLOSARIO

Absorción	Proceso en el cual una materia se impregna en otra materia y la retiene. Este proceso puede consistir en la solución física de un gas, de un líquido o de un sólido en un líquido o la reacción química de un gas o de un líquido con un líquido o un sólido.
Agregado	Este término comprende las arenas, gravas naturales y la roca triturada utilizada para preparar morteros y concretos.
ASTM	Siglas de la sociedad americana para el ensayo e inspección de los materiales (American Society for Testing and Material).
Banco de explotación	Lugar de donde se extrae la roca matriz para luego procesarla por medio de la trituración y obtener el agregado grueso o fino.
Cantera	Es un depósito de materias primas minerales (rocas) que se explotan a cielo abierto para luego producir materiales de construcción.

Cemento	Es un material inorgánico finamente molido (constituido principalmente por compuestos aminocalcáreos o silicocalcáreos) que, amasados convenientemente con agua forma una masa, que fragua y endurece, tanto bajo al agua como al aire.
Estratigrafía	Disposición en estratos de una masa de material rocoso.
Finos arcillosos	Son partículas de roca sedimentaria plástica, que pasan por el tamiz, no. 200 formadas principalmente por un silicato alumínico, más conocidas como arcillas.
Finos de trituración	Son las partículas que pasan en su totalidad por el tamiz no. 200, y son producto del mismo proceso de trituración de roca.
Identificación mineralógica	Es el análisis que sirve para determinar las características, de los minerales por medio de su composición química y física.
Norma	Regla general que debe seguir o debe ajustarse a un proceso, producto o servicio que se repite múltiples veces con idéntico resultado.

Propiedad geológica del concreto	Propiedad de la mezcla fresca de concreto, y define como estabilidad, movilidad y compactibilidad.
Roca	Agregado mineral de minerales que se encuentra en la corteza terrestre.
Tamiz	Es una malla de aberturas de tamaño uniforme que sirve para la clasificación de los agregados y suelos, haciendo que estos pasen a través de dicha malla.
Trabajabilidad	Medida de la habilidad de un concreto en estado plástico a ser manejado por una cuchara o pala de albañil. Además de adherirse, desplegarse y deslizarse fácilmente.

RESUMEN

En este trabajo de graduación se analiza la calidad de agregados para concreto de dos bancos de agregados: para lo que se trabajan los que se consideran unos de los principales a utilizar en mezclas de concreto para sus diferentes aplicaciones. El trabajo inicia con la recopilación de información teórica y científica para fundamentar y tener la base al realizar los ensayos y el análisis de sus resultados.

Esta inicia con la debida recopilación de agregados tanto de agregados finos como de agregado gruesos en las dos plantas, la primera a orilla del río Coyolate, en el km 107 de la carretera CA-2 y la segunda a orilla del río, Río Bravo, ubicada en el km 130 CA-2, carretera que conduce del municipio de Río Bravo, Suchitepéquez hacia el municipio de Tiquisate, Escuintla. Realizando el debido proceso, las muestras se trasladaron al laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería, para su preparación y así realizar los ensayos que indiquen su propiedad física, mecánica, química y mineralógica.

Para analizar las propiedades físicas del agregado se utilizó la norma ASTM C-33, que brinda los requisitos generales que deben llenar un agregado, partiendo para ello también a la norma ASTM, la cual verifica que los agregados cumplan con los requisitos para carreteras y puentes.

La propiedad mecánica se determinan con la norma ASTM C-131 denominado ensayo de desgaste por abrasión y el ensayo de cilindros de concreto para establecer la resistencia a la compresión de los agregados en su mezcla de concreto y por ultimo conocer los propiedades químicas y

mineralógicas se utilizó el examen petrográfico según la norma ASTM C-295 y el ensayo de reactividad potencial ASTM C-289.

Con los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se determinaron las cualidades de calidad de los agregados y así saber si cumple con los estándares mínimos de construcción. Esto para garantizar la seguridad y durabilidad de las obras en las áreas de la costa sur donde se utilizan.

OBJETIVOS

General

Conocer las propiedades de los agregados para concreto comúnmente utilizados en la industria de la construcción, de dos bancos de materiales ubicados en la carretera CA-2 occidente km 130, a orilla del río, Río Bravo, y otra ubicada en la CA-2 km 107 a orilla del río Coyolate.

Específicos

1. Indicar los ensayos básicos que se realizan a los agregados para concreto, incluyendo comentarios y observaciones para su interpretación y aplicación.
2. Determinar el tipo de material de los cuales están formados los agregados que se utilizan para las mezclas de concreto, estableciendo así, si son o no recomendables, para ser tomados en cuenta en obras de infraestructura futuras.
3. Establecer la calidad de materiales disponibles en estos bancos, de los que se extraen los materiales con que se construye.

INTRODUCCIÓN

La construcción de obras de concreto de las áreas del departamento de Suchitepéquez 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 (American Society of Testing Materials) 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, químicas, mecánicas y mineralógicas. Para este fin existe cierta cantidad de normas y especificaciones dirigidas directamente a agregados, de las cuales en este trabajo de graduación se aplicaran de acuerdo a lo indicado en el presente trabajo.

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 el capítulo cinco, que indica los ensayos de acuerdo a las normas ASTM y el capítulo seis donde se realiza el análisis comparativo de los resultados obtenidos.

1. ANTECEDENTES

1.1. Agregados

Generalmente se entiende por agregado a los agregados de arena y roca de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta de cemento, elementos de comportamientos bien diferenciados.

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están incluidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales, que están incluidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros).

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son inertes y estables en sus dimensiones.

Cada elemento tiene su rol dentro de la masa de concreto y su proporción en la mezcla es clave para lograr las propiedades deseadas, esto es: trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

1.1.1. Escoria de altos hornos

El enfriado lento de la escoria de alto horno en ollas, en fosas o en moldes de hierro, produce un material que puede ser triturado o graduado para obtener partículas densas y fuertes, adecuadas para usarse como agregados. Las propiedades del agregado pueden variar con la composición y la velocidad del enfriado de la escoria; las escorias ácidas generalmente producen un agregado más denso y las escorias básicas tienden a producir estructuras vesiculares o en forma de panal con una densidad relativa aparente más baja (2 a 2,8).

En general, el peso volumétrico de las escorias enfriadas lentamente, que va de 1,120 a 1,360 kg/m³, se halla más o menos entre el agregado de peso natural y el agregado estructural de peso ligero. Los agregados son ampliamente utilizados para elaborar productos de concreto precolado, tales como bloques para mampostería, canales y postes de bardas.

La presencia excesiva de sulfuro de hierro en la escoria, puede causar problemas de color y durabilidad, en los productos de concreto. En ciertas condiciones el sulfuro puede convertirse en sulfato, lo que no es conveniente desde el punto de vista del ataque del sulfato al concreto.

Hay que hacer notar que las escorias de alto horno también han sido utilizadas para la producción de agregados de peso ligero, cumpliendo con los requisitos de la norma ASTM C-330 o C-331. Para este objeto, la escoria fundida es tratada con cantidades limitadas de agua o de vapor y el producto es llamado escoria expandida o escoria espumada.

1.1.2. Clasificación de los agregados

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

1.1.2.1. Por su naturaleza

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado de canto rodado y triturado).

- a. El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 4,76 mm y queda retenido en la malla N° 200, El más usual es la arena, producto resultante de la desintegración de las rocas. Del cual se dice que pasa también por el tamiza 6,35 mm.
- b. El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en roca triturada y grava.

- c. El hormigón, es el material conformado por una mezcla de arena y grava. Este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

1.1.2.2. Por su forma y origen

Clasificación por su forma y origen. Pueden ser naturales, artificiales y mixtos.

Naturales (canto rodado): proveniente de cauce de ríos, de forma redondeada. Las gravas y arenas de río son de este tipo. Produce concreto de buena calidad y de mayores ventajas (trabajabilidad o docilidad y economía), por lo que debe preferirse a los otros tipos, siempre que satisfaga las especificaciones de calidad tamaño y bajo costo de explotación. Este material tiene la ventaja de que la composición mineralógica de sus partículas no es uniforme.

Artificiales (triturado): proveniente de trituración de piedra de cantera. Los piedrines son de este tipo. Se utilizará cuando no sea posible o económico emplear los otros tipos. Si bien, tiene ventajas por su composición mineralógica más uniforme, este material de aristas vivas (cantos angulosos), produce concreto menos trabajable y de mayor consumo de cemento, además de ser de costo de explotación más alto que el canto rodado.

Mixtos (naturales y artificiales): proveniente de trituración de grava y comúnmente mezclado con grava natural. Es de buena clase. Para su utilización económica, hay que fijar un límite a la parte triturada.

Los agregados tienen forma irregularmente geométrica, compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y con ángulos. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- a. Angular: poca evidencia de desgaste en caras y bordes
- b. Sub angular: evidencia de algo de desgaste en caras y bordes
- c. Sub redondeada: considerable desgaste en caras y bordes
- d. Redondeada: bordes casi eliminados
- e. Muy redondeada: sin caras ni bordes

1.1.2.3. Por su tamaño

De acuerdo al volumen de sus partículas se dividen en:

Agregado fino (arena): es el material que pasa en un 95 por ciento de sus partículas por el tamiz No. 4 (tamiz según norma estadounidense), de 4,76 mm (3/16") de abertura entre hilos.

Agregado grueso (grava o piedrín): es el material que queda retenido en el tamiz de 150 mm (6"), cuyas partículas son en un 95 por ciento mayores de 4,75 mm.

1.1.2.4. Clasificación por densidad.

Los agregados pueden constituirse en ligeros, normales o pesados, de acuerdo a su densidad.

Agregados ligeros: son aquellos cuya densidad oscila entre 500 y 1 000 kg/m³, son utilizados en concreto de relleno o en mampostería estructural.

Agregados normales: son aquellos cuya densidad se encuentra comprendida entre 1 300 y 1 600 kg/m³, se utilizan en concretos de uso general.

Agregados pesados: son aquellos cuya densidad está entre 3 000 y 7 000 kg/m³, se utilizan en hormigones pesados, tales como los utilizados en centrales nucleares o usos especiales.

1.1.3. Funciones en el concreto

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- a. Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el volumen.
- b. Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable, lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla.

Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones, la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados. Si se fractura una roca, se reducirá su tamaño y aparecerán nuevas superficies sin haberse modificado el peso total de roca.

La textura del material, dice que tan lisa o rugosa es la superficie del material, es una característica ligada a la absorción pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos, además que producen concretos menos plásticos.

Los agregados finos y gruesos, ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla y en la economía. Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado, cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9,5 mm y 38 mm.

El esqueleto granular está formado por los agregados que son elementos inertes, generalmente, más resistentes que la pasta de cemento y además económicos. Por lo tanto, conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para lograr un concreto resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico.

Pero, hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva, la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del mortero (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es áspero, pedregoso y poco dócil.

En el concreto recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la pasta de cemento tiene la función de lubricar las partículas del agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino (arena).

La arena, debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero, no debe estar en exceso porque perjudicará las resistencias.

Se debe optimizar la proporción de cada material, de forma tal que se logren las propiedades deseadas al mismo costo. El concreto reciclado o concreto de desperdicio triturado, es una fuente factible de agregados y una realidad económica, donde escaseen agregados de calidad. Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta del cemento.

Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. Los agregados que contengan cantidades apreciables de esquistos o de otras rocas esquistas, de materiales suaves y porosos, y ciertos tipos de horsteno deberán evitarse en especial, puesto que tiene baja resistencia al intemperismo, y pueden ser causa de defectos en la superficie tales como erupciones.

1.2. Conceptos básicos de geología

Los conceptos importantes que se tienen en el ambiente mineralógico, además de la experiencia en campo son los siguientes.

1.2.1. Los minerales

En la vida diaria la palabra mineral aparece frecuentemente: se bebe agua mineral, se promocionan alimentos ricos en minerales, se habla de la riqueza mineral de una región, de la importancia de los minerales radiactivos, etc. Los significados asignados al término mineral en las conversaciones, no siempre coinciden con la definición estricta del término cuando se lo utiliza en el lenguaje científico.

Definir científicamente a los minerales implica establecer un límite preciso a una diversidad de materiales, cuya complejidad pone a prueba las competencias de clasificación humana. En este sentido, la naturaleza es un objeto sumamente complejo al que se conoce a través de diferentes aproximaciones. Se han enunciado distintas definiciones del término mineral, cada una de las cuales tiene sus ventajas y desventajas. La más aceptada actualmente establece que:

Los sólidos inorgánicos, de origen natural, que presentan una composición química más o menos constante y una estructura cristalina definida, se denominan minerales.

1.2.2. No son minerales

Entre las sustancias que no son consideradas minerales, a pesar de ser naturales y/o en algunos casos de tener estructuras cristalinas y fórmulas químicas definidas, se puede mencionar:

- a. La sal común que se obtiene por cristalización de salmueras en la industria salinera.
- b. El azufre *comercial* que se obtiene por fusión y re-cristalización del mineral azufre extraído de los yacimientos.
- c. Las gemas, como los diamantes, esmeraldas y rubíes sintéticos que se obtienen en el laboratorio, no son minerales, por cuanto su cristalización es el resultado de un proceso instrumentado por el hombre (es artificial).
- d. El petróleo no es un mineral, se lo considera una mezcla natural de hidrocarburos resultantes de la descomposición de la materia orgánica.
- e. El ámbar, resina vegetal fósil tampoco es un mineral.
- f. El óxido de silicio, el fosfato de calcio y el carbonato de calcio, que componen los esqueletos de muchos animales, no son minerales.
- g. No lo son las perlas, ni tampoco los cristales de sales que pueden formarse en las vías urinarias, dado que todos ellos son el producto de la actividad biológica.

Muchas sustancias biogénicas e incluso artificiales, que no entran en la definición de minerales presentan sin embargo estructura cristalina, por lo que no deben hacerse sinónimos cristal y mineral.

1.2.3. Asociaciones de cristales

- a. Agregados cristalinos: cuando varios cristales de una misma especie han crecido juntos, las formas perfectas de los cristales individuales pueden perderse total o parcialmente. De acuerdo a cómo se encuentren asociados los individuos, los agregados de cristales se denominan agregados cristalinos. Éstos pueden ser:
 - o Agregados granulares: los cristales no muestran buen desarrollo de sus caras cristalinas, todos tienen un tamaño semejante.

- Agregados hojosos: en el caso de cristales planares o tabulares que crecen paralelos.
 - Agregados columnares: cristales alargados cuyos ejes crecen paralelos.
 - Agregados radiales: cuando los ejes de los cristales individuales se disponen radialmente.
 - Agregados fibrosos: cristales muy delgados dispuestos paralelamente.
- b. Se denominan drusas a los crecimientos cristalinos (generalmente columnares), que se producen sobre una superficie libre. Si ésta es más o menos esférica y cerrada sobre si misma, el conjunto de cristales constituye una geoda, cuyo interior puede o no estar hueco.

1.3. La formación y composición de las rocas

Existen numerosas sustancias inorgánicas de origen natural, de variada composición química y estructura: los minerales. Sin embargo, estos minerales no suelen encontrarse naturalmente en forma aislada (por eso son tan escasos los yacimientos de interés económico). Los minerales aparecen habitualmente asociados, formando rocas.

Otras sustancias naturales, aún cuando no son reconocidas como minerales pueden formar rocas, éste es el caso del carbón, aunque no del petróleo; también es el caso de las acumulaciones de esqueletos de organismos animales o vegetales (que pueden ser de composición sílicea, fosfática o carbonática), y el de los vidrios de origen volcánico.

La definición más simple que puede esbozarse de roca es: material de que está compuesta la corteza terrestre. De este modo, se evita una descripción

más compleja, en la que sería necesario mencionar todas las excepciones para no incurrir en errores.

1.3.1. Los minerales que forman las rocas

En una roca cualquiera, existen minerales principales que hacen a su clasificación, y otros accesorios, cuya presencia no es decisiva para dicha clasificación. Puede suceder que un mineral no sea importante para la clasificación de una roca, aunque sí lo sea para otros fines, científicos o económicos, por ejemplo.

1.3.2. Rocas monominerales

Si bien la mayoría de las rocas están compuestas por varios minerales, algunas de ellas pueden ser de composición monomineral. Entre éstas destacan: el yeso, la anhidrita, la caliza, compuesta por calcita y la dolomía (compuesta casi exclusivamente por dolomita).

1.3.3. Formas y orígenes

En el caso de las rocas sedimentarias el cuerpo de roca más característico es el estrato. En un lugar donde dominan las efusiones volcánicas, el cuerpo de roca más característico es la colada. Los cuerpos de rocas ígneas que se alojan en rocas sedimentarias reciben el nombre de diques o filones.

1.3.4. La clasificación de las rocas

La coexistencia de distintos minerales en distintas relaciones de tamaño y forma, brinda a las rocas una gran variedad de aspectos. A esto debe sumarse también la posibilidad de que numerosas estructuras (relacionadas tanto a la génesis de la roca como a su deformación), pueden modificar o sobre

imponerse al aspecto primario, creando nuevos diseños, todos de gran atractivo visual.

1.3.5. El ciclo de las rocas

El ciclo de las rocas pone en evidencia las relaciones que guardan entre sí los distintos tipos de rocas, cuando se los agrupa en función de los mecanismos que les dieron origen. Las flechas indican las posibles transformaciones y llevan el nombre del mecanismo responsable. En el círculo externo se suceden los mecanismos constructivos, en el círculo interno los destructivos. En el centro se han inscripto los nombres de las partículas fundamentales que constituyen cada tipo de roca.

Tabla I. **Abundancia relativa de los distintos tipos de rocas en la corteza continental (expresado en volumen)**

Abundancia relativa de los distintos tipos de rocas en la corteza continental (expresado en volumen)	Rocas sedimentarias	
	Clásticas	5.5%
	Químicas y bioquímicas	2.%
	Rocas ígneas	
	Graníticas	22.%
	Máficas	42.5%
	Ultramáficas	0,2 %
	Metamórficas	
	Gneisses	21,4 %
	Esquistos	5,1 %
Mármoles	0,9 %	

Fuente: www.minerología.com. Noviembre 2009.

1.3.6. Las rocas ígneas

Las rocas ígneas o magmáticas, tienen su origen en la cristalización del material fundido denominado magma. Este proceso tiene lugar bajo determinadas condiciones de presión y en presencia de una cantidad variable

de gases disueltos. Éstos y otros factores controlan el aspecto de los productos resultantes, entre los que se encuentran las rocas ígneas. La cristalización del magma se produce como consecuencia de la pérdida de calor y el consecuente descenso de la temperatura en el seno del mismo. El magma tiene dos orígenes posibles:

- a. Puede resultar de la fusión parcial de materiales de la corteza terrestre.
- b. Provenir del ascenso y acumulación de una fracción de materia fundida del manto superior. En cada caso, la composición química de cada uno de los productos resultantes será muy diferente.
- c. El magma puede tener materiales de composición intermedia, pueden resultar del agregado de material fundido proveniente de las rocas que atraviesa durante su camino hacia el exterior.

1.3.7. Las texturas ígneas

Las texturas están determinadas por las condiciones de cristalización del magma. Las rocas ígneas pueden identificarse con las siguientes variedades de texturas:

- a. Texturas vítreas: formadas por el enfriamiento brusco del magma, no hay cristales identificables a ninguna escala.
- b. Texturas afaníticas: los cristales sólo pueden ser identificados con ayuda del microscopio.
- c. Texturas faneríticas: los cristales se identifican a ojo desnudo.
- d. Texturas porfíricas: algunos minerales se presentan en forma de grandes cristales (fenocristales), incluidos en un conjunto de elementos de menor tamaño, también llamado matriz, que puede incluso ser de naturaleza vítrea.

La textura, es un elemento de relevancia a la hora de identificar si el enfriamiento de una roca ha sido rápido (texturas vítreas y afanítica), o lento (textura fanerítica).

1.3.8. Texturas y estructuras de las rocas extrusivas

Algunas características texturales de las rocas volcánicas pueden ser: su tendencia a presentar cristales no distinguibles a simple vista, su asociación a materiales vítreos y la posibilidad de portar fenocristales. Un rasgo distintivo es la presencia de vesículas, es decir, burbujas de gas que han quedado atrapadas al enfriarse bruscamente la lava. La roca pómez, usada como abrasivo, es una roca con esta textura. Estas cavidades dan origen a las amígdalas cuando son rellenas con minerales de origen hidrotermal.

1.3.9. Rocas metamórficas

Cuando un grano o un cristal de un mineral, son sometidos a una gran presión, tiende a girar de forma tal de que esta presión se hace menor. Cuando la rotación es imposible y la presión sigue aumentando, partes del cristal se disuelven y recristalizan en las zonas dónde el esfuerzo es menor, cambiando la forma del cristal original.

Ambos procesos, re-cristalización y formación de nuevos minerales, caracterizan al metamorfismo. Esta re- y neo- cristalizaciones dan lugar a la desaparición de las texturas preexistentes y al desarrollo de otras nuevas, características de las rocas metamórficas. Es importante diferenciar el término metamorfosis, que se reserva para el cambio de forma de los seres vivos, del metamorfismo, que se utiliza en geología. Así también, cuando una roca se transforma en otra por un proceso metamórfico se dice que se metamorfiza, y no que se metamorfosea.

1.3.10. Mármoles

El término comercial mármol designa a muchas rocas que no lo son en el sentido estricto del término, aunque la mayor parte de las rocas más bellas usadas en la escultura y la ornamentación si lo son.

1.3.11. Las rocas sedimentarias

Sedimento: material que habiendo estado en suspensión en un líquido, se posa en su fondo. Las rocas sedimentarias son, de acuerdo con esta breve definición, aquellas que se han originado a partir de la depositación del material que llevaba o tenía en suspensión un cuerpo de agua. Este tipo de rocas, las más abundantes en la superficie expuesta de la Tierra.

1.3.12. Rocas clásticas

Son las rocas sedimentarias típicas, formadas por detritos, es decir, fragmentos de rocas preexistentes que han sido destruidas. Se producen como resultado de los procesos de sedimentación, compactación y cementación. Se destacan por la forma generalmente prismática de sus cuerpos, llamados estratos. Pueden tener colores muy variados, de acuerdo con la composición mineralógica del material clástico y del cemento que los liga.

1.3.13. Las rocas piroclásticas

Durante sus erupciones, sobre todo en el caso de aquellas más explosivas, los volcanes arrojan al aire partículas de material que se solidifica antes de tocar el suelo, y se acumula en mantos de diferente espesor. Su composición es ígnea, su origen volcánico, su acumulación sedimentaria. Este problema se resuelve creando una categoría especial, las rocas piroclásticas.

1.3.14. Rocas químicas

Entre las rocas de origen químico se destacan los depósitos de cloruros, boratos, carbonatos y sulfatos.

1.4. Canteras

En nuestro medio se utiliza el término banco de material, pero también posee el nombre de cantera, debido a que es el lugar donde se extrae roca para ser triturada por el equipo.

1.5. Propiedades de los agregados

Estas son las características que determinan la calidad mínima requerida para la utilización de los mismos en la obra civil.

1.5.1. Propiedades

Son las características que definen el criterio para uso de los agregados, entre los más importantes tenemos.

1.5.1.1. Granulometría

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado, tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre con aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100 (150 micras) hasta 9,52 mm.

Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448 enlista los trece números de tamaño de la ASTM C 33, más otros seis números de tamaño para agregado grueso. La arena o agregado fino solamente tiene un rango de tamaños de partícula.

La granulometría y el tamaño máximo de agregado, afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad y contracción.

1.5.1.2. Granulometría de los agregados finos

Depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y el tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba, resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad. En general, si la relación agua – cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango de granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia.

Entre más uniforme sea la granulometría, mayor será la economía.

Estas especificaciones permiten que los porcentajes mínimos (en peso) del material que pasa las mallas de 0,30 mm (No. 50), y de 15 mm (No. 100), sean reducidos a 15% y 0%, respectivamente, siempre y cuando:

- a. El agregado que se emplee en un concreto que contenga más de 296 kg de cemento por metro cúbico, cuando el concreto no tenga inclusión de aire.
- b. Que el módulo de finura no sea inferior a 2,3 ni superior a 3,1, el agregado fino se deberá rechazar a menos de que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones el agregado fino y grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas de 0,30 mm. (No. 50) y de 1,15 mm. (No. 100), afectan la trabajabilidad, la textura superficial, y el sangrado del concreto.

El módulo de finura (FM), del agregado grueso o del agregado fino, se obtiene conforme a la norma ASTM C 125, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas (No.4, No.8, No.16, No.30, No.50 y No. 100), y dividiendo la suma entre 100.

El módulo de finura, es un índice de la finura del agregado. Entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado.

El módulo de finura del agregado fino, es útil para estimar las proporciones de los de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

1.5.1.3. Granulometría de los agregados gruesos

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para

revenimiento de aproximadamente 7,5 cm para un amplio rango de tamaños de agregado grueso.

El número de tamaño de la granulometría (o tamaño de la granulometría). El número de tamaño se aplica a la cantidad colectiva de agregado, que pasa a través de un arreglo de mallas (No.4, No.8, No.16, No.30, No.50 y No. 100).

El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual, debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado, dependiendo del número de tamaño. Por ejemplo, el agregado de número de tamaño 67 tiene un tamaño máximo de 25 mm. y un tamaño máximo nominal de 19 mm. De noventa a cien por ciento de este agregado debe pasar la malla de 19 mm. y todas sus partículas deberán pasar la malla 25 mm. Por lo común, el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe pasar:

- a. Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto
- b. Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo
- c. Un tercio del peralte de las losas

1.5.1.4. Módulo de finura

Criterio establecido en 1925 por Duff Abrams A partir de las granulometrías del material, se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{acumulados retenidos (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

1.5.1.5. Contenido de finos

El contenido de finos o polvo, no se refiere al contenido de arena fina ni a la cantidad de rocas de tamaño menor, sino a la suciedad que presentan los agregados (tamaños inferiores a 0,075 mm).

El contenido de finos es importante por dos aspectos:

- a. A mayor suciedad habrá mayor demanda de agua, ya que aumenta la superficie a mojar y por lo tanto, también aumentará el contenido de cemento si se quiere mantener constante la relación agua/cemento.
- b. Si el polvo está finamente adherido a los agregados, impide una buena unión con la pasta y por lo tanto, la interfase mortero-agregado será una zona débil por donde se puede originar la rotura del concreto.

Es difícil de apreciar a simple vista si las arenas tienen finos, pero se puede evaluar cualitativamente de las siguientes maneras:

- a. Observando los acopios, pueden notarse en su superficie costras duras originadas por el desecamiento de estos finos.
- b. Haciendo una simple prueba; consiste en colocar un poco de arena en un recipiente traslúcido con agua, agitar enérgicamente y dejar reposar un par de minutos. Si la arena está sucia se diferenciará claramente en el fondo del recipiente, el depósito de arena y sobre éste, el de material fino.

1.5.2. Propiedades físicas

- a. Densidad. Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil, y de alta absorción.
- b. Porosidad. La palabra porosidad viene de poro, que significa espacio no ocupado por materia sólida. En la partícula de agregado, es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.
- c. Peso unitario. El peso unitario aparente o peso volumétrico, es la relación entre peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en kg/m^3 . Hay dos valores para esta relación: el peso volumétrico suelto y el peso volumétrico apisonado. El primero, se usa para conversiones de peso a volumen, para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto. El segundo, se usa para conocer el volumen de materiales apilados. En ambos casos, este peso se obtiene con material en estado seco saturado, para fines de comparación.

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

Peso unitario suelto de agregados finos

Se necesita una báscula de 125 kg de capacidad, un cucharón y una pala.

Medidas de volumen con peso propio conocido (la medida podrá ser de madera de forma cuadrada, pero preferiblemente deben ser de hierro, cilíndricas, con su peso propio y volumen conocido).

Para arena hasta 12,7 mm (1/2”), debe usarse una medida no menor de 2,83 litros (1/10 ft³).

Se necesita también una varilla de acero lisa de 16 mm (5/8”) con punta redondeada (de bola), y 60 cm de longitud. Una regla metálica para rasar. Una bandeja o recipiente.

En la medida de 2,83 litros, se vierte la arena dejándola caer con deslizamiento continuo desde una altura de 50 cm del borde de la medida, hasta que llegue a formarse un cono natural, cuyos taludes lleguen a la superficie del recipiente. Luego se enrasa sin mover la medida, se pesa la medida con su contenido de arena, se anota el peso.

El peso volumétrico se calcula de la siguiente manera.

$$P.U. \text{ o } P.V. = [(A - B) / V] * 100$$

Donde, A = Peso propio de la medida más el material (kg).

B = Peso propio de la medida.

V = Volumen de la medida en litros.

Peso unitario apisonado de agregados finos.

En la medida de 2,83 litros, se llena la medida en 3 capas de material, apisonando cada capa con 25 golpes consecutivos con la varilla; cuidando de no hacer penetrar la varilla más del espesor de la capa que se trabaja. Luego se enrasa sin mover la medida, se pesa la medida con su contenido de arena y se anota el peso.

El peso volumétrico se calcula de la siguiente manera.

$$P.U. \text{ o } P.V. = [(A - B) / V] * 100$$

Donde,

A = Peso propio de la medida más el material (kg).

B = Peso propio de la medida.

V = Volumen de la medida en litros. Peso unitario suelto de agregados gruesos.

Se necesita una báscula de 125 kg de capacidad, un cucharón y una pala.

Medidas de volumen con peso propio conocido

Para grava hasta 12.7 mm (1/2"), debe usarse una medida no menor de 2.83 litros (1/10 ft³).

Para grava de 38 mm (1 1/2"), debe usarse una medida no menor de 14.16 litros (1/2 ft³).

Para grava de 101.6 mm (4"), debe usarse una medida no menor de 28.32 litros (1 ft³).

También se necesita una varilla de acero lisa de 16 mm (5/8") con punta redondeada (de bola), y 60 cm de longitud. Una regla metálica para rasar, una bandeja o recipiente.

En la medida, se vierte la grava dejándola caer con deslizamiento continuo desde una altura de 50 cm del borde de la medida, hasta que llene la medida.

Luego se enrasa sin mover la medida, se pesa la medida con su contenido de grava y se anota el peso.

El peso volumétrico se calcula de la siguiente manera.

$$P.U. \text{ o } P.V. = [(A - B) / V] * 100$$

Donde,

A = Peso propio de la medida más el material (kg).

B = Peso propio de la medida.

V = Volumen de la medida en litros. Peso unitario apisonado de agregados gruesos.

La única diferencia con lo descrito anteriormente, es que se llena la medida en 3 capas de material, apisonando cada capa con 25 golpes consecutivos con la varilla; cuidando de no hacer penetrar la varilla más del espesor de la capa que se trabaja.

Luego se enrasa sin mover la medida, se pesa la medida con su contenido de grava y se anota el peso.

El peso volumétrico se calcula al igual que el procedimiento anteriormente indicado.

Si la grava es grande, el enrase se hace a mano, acomodando grava entre ellos, pero sin ejercer presión.

El peso volumétrico por sacudidas, se utiliza cuando la grava es mayor de 76 (3”), y se usa el método indicado en la especificación ASTM C-29-42.

d. Porcentaje de vacíos. Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión especificada por ASTM C 29.

$$\% \text{ vacíos} = \frac{(S \times W - \text{P.U.C.})}{S \times W} \times 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado

e. Humedad. Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia esta en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla. Se expresa de la siguiente forma.

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

1.5.3. Propiedades mecánicas

- a. Resistencia. La resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; la textura, la estructura y composición de las partículas del agregado, influyen sobre la resistencia.

Si los granos de los agregados no están bien cementados, unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado, deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante.

- b. Tenacidad. Esta característica esta asociada con la resistencia al impacto del material. Esta directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.
- c. Dureza. Se define como dureza de un agregado, a su resistencia a la erosión, abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos, éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión, y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

1.5.4. Propiedades químicas

Reacción álcali-sílice. Los álcalis en el cemento están constituidos por el óxido de sodio y de potasio, quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo. Normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de

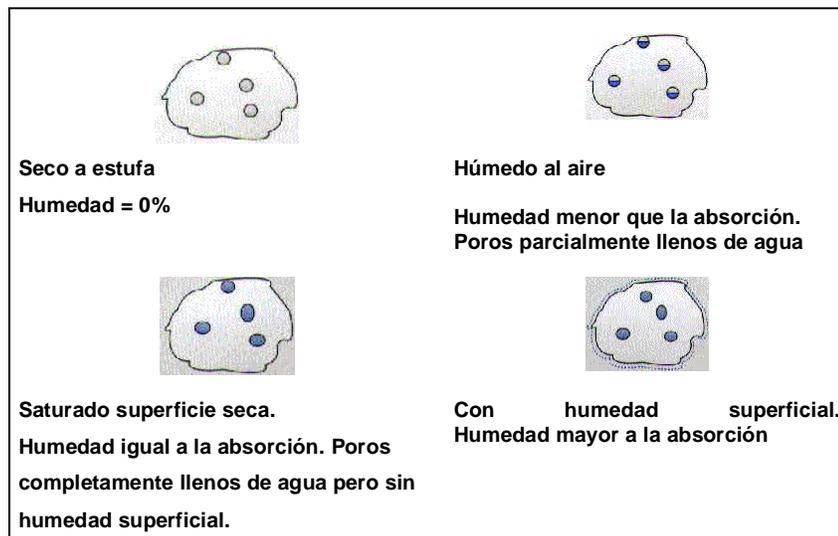
álcalis del orden del 0,6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

Existen pruebas de laboratorio para evaluar estas reacciones que se encuentran definidas en ASTM C227, ASTM C289, ASTM C295 y que permiten obtener información para calificar la reactividad del agregado.

1.5.5. Absorción y humedad

Se denomina absorción a la humedad del agregado cuando tiene todos sus poros saturados, pero la superficie del mismo está seca. Es en esta condición, se hacen los cálculos de dosificación para elaborar hormigón. Donde el agregado puede tener diferentes estados de humedad, como se ilustra a continuación en la figura 1.

Figura 1. Indicativos de humedad en agregados



Fuente: www.minerología.com. Noviembre 2009.

Si la roca o arena, tiene una humedad inferior a la absorción, se debe agregar más agua al hormigón, para compensar lo que absorben los agregados. En el caso de las arenas dosificadas en volumen, se suma el inconveniente que las arenas ocupan diferentes volúmenes de acuerdo a la humedad, por un fenómeno denominado esponjamiento. Este fenómeno hace que una arena de río con 5-7% de humedad, incremente su volumen en un 25% respecto de la misma arena en estado seco (figura 1). Se debe ajustar la cantidad de agua a agregar al hormigón, teniendo en cuenta la humedad de los agregados en el momento de elaborar el hormigón.

1.5.6. Inestabilidad

Un agregado se considera inestable cuando sus cambios volumétricos pueden afectar la integridad del hormigón, dando lugar a disgregaciones o fisuras. Las variaciones de volumen en los agregados pueden producirse principalmente en zonas de bajas temperaturas, debidas a alternancias entre ciclos de hielo y deshielo.

Por esto es necesario verificar este aspecto del agregado, mediante ensayos adecuados, tales como el tratamiento del agregado con sulfato sódico.

1.6. Normas utilizadas para evaluación y análisis de agregados

En la presente investigación se presentan las normas que comúnmente se utilizan tomando para ello la referencia de la página de Internet, www.astm.org, la cual describe en forma abreviada el significado de cada una de ellas.

1.6.1. ASTM C29 / C29M-07. Método de prueba estándar para densidad (peso de la unidad) y en los huecos de agregados

Este método de prueba para determinar la densidad aparente, muestra valores que son necesarios para el uso de muchos métodos de selección de las proporciones de mezclas de hormigón.

1.6.2. ASTM C33 / C33M-08. Especificación estándar de agregados para concreto

Esta especificación define los requisitos de clasificación y la calidad de agregado fino y grueso, para su utilización en el hormigón. Mucha total se compondrá de arena natural, fabricado de arena, o una combinación de éstos.

1.6.3. ASTM C40-04. Método de prueba estándar de impurezas orgánicas en pruebas de agregados para concreto

Este método de prueba, utilizado en la toma de una determinación preliminar de la aceptabilidad de los agregados fino con respecto a los requisitos de la Especificación C33, que se refieren a impurezas orgánicas. El principal valor de este método de ensayo, es proporcionar una advertencia de que las cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas pueden estar presentes.

1.6.4. ASTM C88 05. Método de prueba estándar para la solidez de agregados por uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Este método de ensayo, proporciona un procedimiento para hacer una estimación preliminar de la solidez de los agregados para el uso de hormigón y otros fines. Los valores obtenidos pueden compararse con las especificaciones,

por ejemplo la especificación C33, que están diseñados para indicar la adecuación del conjunto de propuestas para el uso.

1.6.5. ASTM C117 04. Método de prueba estándar para materiales más finos que 75 micras (número 200). Tamizar en minerales agregados por lavado

Material más fino que el de 75 micras (número 200), tamiz puede ser separado de las partículas más grandes, de un modo más eficaz y completamente mojado por tamizado, a través de la utilización de tamizado en seco. Por lo tanto, cuando la determinación exacta de los materiales más finos de 75 micras en el agregado fino u ordinario, o se desea, este método de ensayo se utiliza en la muestra, antes de tamizado en seco de acuerdo con el método de prueba C136.

1.6.6. ASTM C127-07. Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción de agregados gruesos

El presente método de ensayo cubre la determinación de la densidad media de una cantidad total de partículas gruesas (no incluye el volumen de los huecos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción de los agregados gruesos.

1.6.7. ASTM C128-07A. Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado fino

El presente método de ensayo, cubre la determinación de la densidad media de una cantidad total de partículas finas (sin incluir el volumen de los huecos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción total de la multa. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad, en Kg./m³ (lb./ft³) se expresa en el horno de secado (DO), saturado de la superficie-seca (SSD), o como densidad aparente.

1.6.8. ASTM C131-06. Método de prueba estándar para la resistencia a la degradación de los agregados de tamaño grueso, por resistencia a la abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

El presente método de ensayo, se refiere a un procedimiento de pruebas de tamaños de agregado grueso inferior a 37,5 mm (1 1/2 in) para la resistencia a la degradación utilizando la máquina de ensayo de Los Ángeles. Nota 1-Un procedimiento para la prueba grueso total de más de 19 mm (3/4 in) se trata en el método de prueba C535.

1.6.9. ASTM C136-06. Método de prueba estándar para el análisis de agregados en cedazo fino y grueso

Este método de ensayo, se utiliza, principalmente, para determinar la clasificación de los materiales propuestos para su uso como agregados, o ser utilizados como agregados.

1.6.10. ASTM C142-97. (2004) Método de prueba estándar para terrones, grumos y partículas en friable en áridos

Este método de ensayo, es de primordial importancia en la determinación de la aceptabilidad de los agregados con respecto a los requisitos de la especificación C33. El presente método de ensayo, cubre la determinación aproximada de trozos de arcilla y partículas desmenuzables en agregados.

1.6.11. ASTM C227-03. Método de prueba estándar para la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento-agregados (Mortero-Bar Method)

El presente método de ensayo, cubre la determinación de la susceptibilidad de combinaciones cemento-agregado a la amplia participación de las reacciones asociadas con los iones hidroxilo, los alcalinos (sodio y potasio), por la medición del aumento (o disminución), en la longitud de las barras de mortero, que contienen la combinación durante el almacenamiento condiciones de ensayo.

Dos tipos de reactividad álcali de los agregados se reconocen: (1) una reacción álcali-sílice la participación de algunos rocas silíceas, minerales y naturales o artificiales y las gafas. (2) Una reacción álcali-carbonato dolomita que participen en determinados calcínicos dolomitas y calizas dolomíticas.

1.6.12. ASTM C289-07. Método de prueba estándar para el potencial álcali-sílice reactividad de agregados (método químico)

El presente método de ensayo, cubre la determinación de la química reactividad potencial de un agregado con álcalis en hormigón de cemento pórtland, según lo indicado por la cantidad de reacción durante 24 horas a 80°C entre el 1% de solución de hidróxido de sodio N total y que ha sido molida y tamizada para pasar un tamiz de 300 mm y se mantenga en un tamiz de 150 mm.

1.6.13. ASTM C295-08. Guía estándar para el examen petrográfico de áridos para hormigón

El examen petrográfico debe establecer si el conjunto contiene químicamente inestables minerales solubles, como sulfatos, sulfuros inestable que puede formar el ácido sulfúrico o crear peligro en el hormigón expuesto a altas temperaturas durante el servicio, o volumétricamente inestables materiales como esmectitas (anteriormente conocida como la montmorillonita - saponite grupo de arcillas minerales o hinchazón). Las especificaciones pueden limitar el contenido de áridos de cuarzo, para su uso en concreto que pueden estar sujetos a altas temperaturas (a propósito o accidentalmente), debido a la conversión de beta-cuarzo a 573°C (1063°F), con aumento de volumen de acompañamiento.

El examen petrográfico, debería determinar la parte de cada agregado grueso que se compone de degradado o modificado, de otra forma las partículas ,y el grado de desgaste o alteración que, si es severa, moderada o

leve, y determinar la proporción de cada tipo de roca en cada una de las condiciones .

El examen petrográfico también puede ser utilizado para determinar las proporciones de cúbicos, esféricas, elipsoidales, piramidal, en forma de cuadro, plano, alargado y partículas en una muestra o muestras. Piso, alargada y delgada chip como partículas, en su conjunto, aumentar el requisito de la mezcla de agua y, por tanto, disminuir la fuerza de hormigón.

Los nombres de rocas y minerales que figuran en la nomenclatura descriptoras C294, debe ser utilizado, en la medida en que se proceda, en los informes preparados de conformidad con esta guía.

1.6.14. ASTM D448-08. Clasificación de tamaños de agregados para la construcción de puentes y carreteras

En la clasificación se define el tamaño total y el número de designaciones de tamaño estándar para las gamas mecánicas tamiz grueso de los análisis y proyecciones globales para el uso en la construcción y el mantenimiento de los distintos tipos de carreteras y puentes. Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma. Los valores entre paréntesis son sólo a título informativo.

1.6.15. ASTM D4791-05 e1. Método de prueba estándar para partículas, partículas alargadas, plana y alargada, o partículas en el agregado grueso

El presente método de ensayo cubre la determinación de los porcentajes de partículas planas, alargadas partículas, alargada y plana o partículas gruesas, en los agregados.

1.7. Procedimientos para extracción y preparación de muestras, para ensayos de laboratorio

Procedimiento: se obtiene la muestra de los materiales para el control de la producción, en la fuente de producción del material en estudio. La práctica incluye el muestreo de los agregados gruesos y finos, para los siguientes fines.

- a. La investigación preliminar de la posible fuente de suministro.
- b. Control del producto en la fuente de abastecimiento.
- c. Control de las operaciones en el lugar de uso, y aceptación o rechazo de los materiales.

Debe tenerse en consideración que los planes de muestreo y pruebas de aceptación y de control, varían en función del tipo de construcción en la que el material se utiliza.

A continuación se describe la forma de recolección de muestras en forma general para los dos bancos en estudio: se inició verificando los volcanes de material, tanto grueso como fino. El procedimiento es verificar la variedad natural de los diferentes tamaños de agregados contenidos, en forma visual, para tomar las muestras respectivas. Luego se procede a la toma de muestras

en forma general de varios puntos del lugar, en sacos de polipropileno para evitar su contaminación externa.

Inicialmente se tomo una cantidad, lo bastante suficiente, para la realización de los diferentes ensayos de laboratorio.

Ya recolectadas las muestras, se trasladaron al área de laboratorio. Posteriormente, para la utilización, se procedió a unir todo el material en sus tipos, solo grueso y fino, para luego revolverlos en forma manual para obtener una mejor homogenización del mismo, y obtener así resultados mejor representativos.

2. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

Dado que las plantas objeto de éste estudio ya están en operación, se hicieron los siguientes planteamientos para evaluar la calidad para uso de los agregados, teniendo como parte principal que no existe un registro de los materiales extraídos en ésta área, haciendo del conocimiento la importancia que tiene realizar los mismos para garantizar la calidad de las obras, teniendo claros los objetivos principales del presente estudio.

Como parte principal y después de analizar en forma teórica los diferentes conceptos y otros estudios referidos al análisis y características de los materiales, tanto en forma individual como en combinación con el cemento, se realiza el procedimiento de investigación de los bancos propuestos para estudio.

Las variables en la mezcla son los agregados objeto de estudio y los resultados se compararán con los de la mezcla de referencia, compuesta de los diferentes tipos de agregados obtenidos tanto en la trituradora ubicada en el km 130, a orilla del río, Río Bravo, como en la ubicada en el km 107, ubicada a orilla del río Coyolate, sobre la carretera CA-2.

2.1. Diseño de estudio

Este se realiza en base a normas seleccionadas de la ASTM (American Society for Testing of Materials, inciso 1.6, capítulo 1), donde se establecen ensayos aprobados a nivel internacional, que indican los requerimientos

importantes recomendados a realizar antes de utilizar cualquier tipo de agregado.

2.2. Selección de variables

Las variables han sido seleccionadas y descritas en el capítulo uno, tomando a consideración en investigaciones ya existentes, que éstas son las más importantes que todo ingeniero debe conocer al realizar ya sea una construcción y elección de un banco de datos, para tomar una decisión que garantice la durabilidad y calidad de las mismas.

2.3. Definición de variables

La definición de las variables han sido respetando la consulta de las normas ASTM, las cuales se identifican en los ensayos descritos, y resultados obtenidos en el capítulo 5 del presente trabajo.

2.4. Escala de medida

La escala de medidas utilizadas en el presente trabajo de graduación es el siguiente.

Tabla II. **Principales unidades de medidas utilizadas en el estudio**

Descripción	Unidad	Abreviatura	Observaciones
Longitud (tamaño)	pulgada	in	Utilizada en tamaño de agregado y otros.
Longitud (tamaño)	kilómetro	km	Utilizada en tamaño de agregado y otros.
Peso	kilogramo	kg	Utilizada en todos los ensayos del mismo.
Esfuerzo	psi	kg/cm ²	Utilizada en ensayos.
Volumen en líquidos	litro	lt.	Utilizada en ensayos.
Tiempo	hora, minuto, segundo	hr. min. seg.	Utilizada en tiempo de aplicación.
Temperatura	Grados Celsius	°C	Aplicación de temperaturas altas en horno.

Fuente: http://www.amadeus.net/home/converters/es/area_es.htm. 2009.

2.5. Recolección de materiales

Los materiales se recolectaron de acuerdo a la descripción de la norma ASTM D75, que indica la forma de extracción de los materiales. (Inciso 3.1)

2.5.1. Selección de los materiales

Se inicio con la cantidad que se fue requiriendo en cada ensayo realizado. Teniendo en cuenta que la mezcla inicial, se produjo mezclando varias muestras para homogenizarla.

2.5.2. Análisis de materiales

Los análisis realizados a los materiales, han sido los registrados en laboratorio, al aplicar cada uno de los ensayos descritos en el capítulo uno, aplicados en el capítulo cinco, y en el capítulo seis se describe el análisis de resultados, los cuales describen e interpretan si los materiales son utilizables en obra.

3. DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio se desarrolló conforme lo siguiente.

- a. Descripción teórica de los conceptos más relevantes en el desarrollo del presente estudio.
- b. Ubicación y descripción resumida, de las plantas de agregados elegidas.
- c. Muestreo de los agregados almacenados dentro de las instalaciones de las plantas en estudio.
- d. Homogenización y preparación de las muestras de agregados, en el laboratorio de concreto.
- e. Ensayos a los agregados para variabilidad general del agregado como producto final de la planta.
- f. Granulometría.
- g. Densidad relativa y absorción (ASTM C 127/C128).
- h. Índice de *Hudson* (indicativo de granulometría), y finos (que pasa por tamiz No. 200), ASTM C 136/ C117.
- i. Estabilidad al sulfato de sodio (ASTM C 88).
- j. Reactividad potencial (ASTM C 227).
- k. Desgaste por abrasión (ASTM C 131) y (ASTM C 88).
- l. Evaluación de variabilidad general de los agregados tanto finos como de los agregados gruesos.
- m. Evaluación de las variaciones de granulometría.
- n. Evaluación y análisis de reactividad potencial, en los agregados finos y gruesos.
- o. Análisis de partículas friables.
- p. Análisis de partículas largas y aplanadas, que pueden afectar la

resistencia en mezcla con cementos.

q. Análisis petrográfico.

Aparte de éstos, se tienen otros análisis desarrollados a los agregados, que se muestran en el orden establecido en el capítulo cinco.

3.1 Extracción y preparación de las muestras de los agregados, (ASTM D75-03, norma práctica para la toma de muestras de agregados)

A continuación, se describe la presente norma, de la cual se utilizó el procedimiento descrito para mantener la calidad de las muestras.

Ámbito de la aplicación

Esta práctica cubre el muestreo de grueso y los agregados para los siguientes propósitos preliminares de investigación de la posible fuente de abastecimiento.

- a. Control del producto en la fuente de suministro
- b. Control de las operaciones en el sitio de uso
- c. Aceptación o rechazo de los materiales

Se tuvo en consideración que: los planes y aceptación de muestreo y las pruebas de control, varían según el tipo de construcción en la que se utiliza el material. Atención se dirige a prácticas de E 105 y D 3665.

Los valores se declaran en pulgadas-libra, éstas unidades deben considerarse como el estándar.

Este estándar puede implicar materiales peligrosos, operaciones y equipamiento. Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad relacionados con su uso. Es responsabilidad del usuario, de este estándar, establecer el apropiado, las prácticas de seguridad y de la salud, y determinar la aplicabilidad del regulador de las limitaciones antes de su uso.

Significado y uso

En la toma de muestras, es importante que como en las pruebas y en las muestras, se deban emplear todas las precauciones para obtener ejemplos que muestren la naturaleza y la condición de los materiales que representen.

Las muestras para prueba de la investigación preliminar se obtienen por la parte responsable del desarrollo de las muestras de origen (ver nota 2). El potencial de los materiales para control de la producción en la fuente o el control de la obra en el lugar de uso, son obtenidas por el fabricante, contratista u otros responsables a realizar el trabajo, las muestras para pruebas a utilizarse en la aceptación o rechazo. Las decisiones se obtienen por el comprador o su representante autorizado.

Nota 2: la investigación preliminar y toma de muestras de fuentes potenciales de agregados y tipos, son muy importantes, pues al colocar la determinación de la disponibilidad y la idoneidad del componente más grande al entrar en las construcciones, influye en el tipo de construcciones. También influye en el tipo de construcciones desde el punto de vista de economía, y regula el control del material necesario para garantizar la durabilidad de la estructura resultante, desde el punto de vista global. Esta investigación debe hacerse sólo por una persona responsable, capacitada y experimentada. (Cabe

mencionar que la misma fue acompañada y supervisada, por expertos del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Asegurar muestras

General. Las muestras analizadas, para estudio de calidad, fueron obtenidas a partir del producto terminado de los bancos en estudio. Las muestras de producto terminado para ser probado por pérdida de abrasión, no estuvieron sujetas a la reducción más aplastante o manual de partículas, del tamaño en preparación para el ensayo de resistencia a la abrasión, a menos que el tamaño de los productos acabados, es tal que requiere mayor reducción para realizar pruebas, de lo que se obtuvo el producto necesario para realizar las pruebas de abrasión sin necesidad de reducción.

Inspección. El material fue inspeccionado para determinar las variaciones discernibles. Como apoyo al estudio los productores proporcionaron material adecuado necesario para inspección adecuada y muestreo.

Procedimiento

La norma indica que en el muestreo de agregado de un río, se deben seleccionar las unidades de muestras por un método aleatorio, como práctica D3665, de la producción. Obtener al menos tres incrementos aproximadamente iguales, seleccionados al azar de la unidad de muestra y se combinan para formar una muestra de campo, cuya masa sea igual o superior a el mínimo recomendado. Se tomó cada incremento, desde toda sección del material como se está dando. La toma de muestras se realizó por medio de la colocación en sacos, teniendo el cuidado necesario, y en la medida en que fue posible, se mantuvo continuamente el total o casi total, para reducir la segregación.

Nota 3: en el muestreo, la descarga inicial o la final, de pocas toneladas de un cinturón de ubicación o transportador, aumenta las posibilidades de obtener segregados de material y se deben evitar.

El muestreo se realizó de la banda transportadora seleccionando unidades a ser muestreados por un método aleatorio, como práctica D3665, de la producción. Al menos tres muestras se deben obtener, aproximadamente, y se combinan para formar una muestra de campo, cuya masa sea igual o superior al mínimo recomendado. Al detener la banda transportadora mientras la muestra se incrementa, la cual esta siendo la forma del cinturón en conjunto. La secuencia en el cinturón y espacio que les dará es tal, que el material contenía entre ellos el incremento de los pesos necesarios.

El muestreo de reservas o unidades de transporte. Evitar agregado grueso de muestreo o mixto o agregado grueso y fino de reservas, siempre en lo posible en la unidad de transporte, sobre todo cuando el muestreo se realiza con el propósito de determinar las propiedades del agregado que pueden estar dentro de la clasificación de la muestra.

Si las circunstancias hacen necesario para obtener muestras de una reserva de agregado gruesos o una reserva combinada de diseño global, grueso y fino, un plan para el caso específico que se examina de muestreo. En este enfoque la norma indica que se podrá permitir que la agencia de muestreo utilice un plan de muestreo que dará una confianza de resultados obtenidos, derivados de los mismos, esto es acordado por todas las partes interesadas a ser aceptable para la situación particular.

En la sala de plan de muestreo, se define el número de muestras necesarias para representar lotes y sub-lotes de tamaños específicos. Los

principios generales para la toma de muestras de reservas son aplicables a la toma de muestras de camiones, coches de ferrocarril, barcazas u otras unidades de transporte.

El muestreo de carretera (bases y sub-bases). Las muestras, unidades seleccionadas por un método aleatorio, tales como práctica D 3665, de la construcción. Al menos tres muestras se deben obtener aproximadamente en igualdad de incrementos, seleccionados al azar de la unidad que se muestrean y se deben combinar para formar una muestra de campo, cuya masa sea igual o superior a los mínimos recomendados. Tomar todos los incrementos de la carretera para la profundidad total del material, teniendo cuidado de excluir cualquier material subyacente. Crear y marcar las áreas específicas desde que deba eliminarse cada incremento: una plantilla de metal que se coloca sobre el área es definitiva y ayuda en la obtención de pesos aproximadamente igual incremento.

Número de muestras de campo

El número de muestras de campo requeridas y obtenidas por uno de los métodos descritos anteriormente, depende de la criticidad y de la variación en las propiedades para medirse. La cual es una unidad a partir de cada una de las muestras de campo a obtenerse antes de designar la toma de muestras. El número de muestras de campo de la producción debería ser suficiente para dar la confianza deseada en el resultado del examen.

Nota 4: guía para determinar el número de muestras necesarias para obtener el nivel deseado de confianza en el resultado del ensayo. Puede encontrarse en el método D 2234. Recomendado por la práctica E 105, práctica

recomendada E122 y la recomienda E141. (Para su referencia consultar normas ASTM).

La masa de campo del ejemplo citado es provisional. La norma mencionada dice que las masas se basan en el tipo y número de prueba a la que el material será sometido para suficientes pruebas de tesis. Las pruebas de aceptación y control de las normas, están cubiertas por las normas ASTM, especifican la parte de la muestra de campo requerida para cada prueba específica. En términos generales, los importes especificados en la tabla siguiente serán para proporcionar material adecuado para la clasificación de rutina y análisis de calidad. Extraer porciones de la muestra de campo según método C 702 o como lo exigen otros métodos de prueba aplicables.

Envío de muestras

El transporte de agregados se realizó en bolsas u otros contenedores, para impedir la pérdida o contaminación de cualquier parte de la muestra, o daños a los contenidos por mal manejo durante el envío.

El envío de contenedores para muestras globales tendrá una adecuada identificación individual adjunta, y cerrados hasta el reporte de campo, así las pruebas de laboratorio, sus registros e informes pueden facilitarse.

A continuación la norma menciona un ejemplo de las cantidades de material en cada tamiz que pueda servir para realizar ensayos de laboratorio.

Tabla III. **Ejemplo de medidas recomendadas por la norma ASTM D75-03**

Tamaño máximo de nominal de agregados A	Masa mínima aproximado ejemplos de campo B Kg
Agregados finos	
No.8 (2,36 mm)	25 (10)
No. 4 (4,75 mm)	25 (10)
Agregado grueso	
3/8 in (9,5 mm)	25 (10)
1/2 in (12,5 mm)	35 (15)
3/4 in (19 mm)	55 (25)
1 in (25,0 mm)	110 (50)
1 1/2 in (37,5 mm)	165 (75)
2 in (50 mm)	220 (100)
2 1/2 in (63 mm)	275 (125)
3 in (75 mm)	330 (150)
3 1/2 in 90 mm)	385 (175)

Fuente: www.astm.org. Febrero 2011.

- a. Para agregado procesado el máximo tamaño nominal de partículas, es el mayor tamaño de tamiz enumerado en la especificación aplicable, o se prefiere que sea permitido conservar cualquier material.
- b. Para combinar material grueso y fino, el peso mínimo de agregados (por ejemplo, base o sub-base), será agregar un mínimo de grueso a unos 25 10 kg.

Observación: de lo descrito en los procedimientos anteriores, se procedió a la recolección de las muestras de acuerdo a los estándares solicitados por la misma, cumpliendo con los mismos para su preparación y realización de pruebas en laboratorio, que se describen en el capítulo cinco.

4. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS DE AGREGADOS

4.1. Datos de planta ubicada en CA-2 occidente, km 130, carretera a Tiquisate, Escuintla

El área ocupada es de 4,5 km² a orilla y sobre el cauce del río, el cual está dentro del territorio del municipio de Río Bravo, del departamento de Suchitepéquez, su entrada principal se encuentra a la altura del km 130, del tramo carretero de la CA-2, que se ubica entre Río Bravo y Tiquisate.

Esta planta se encuentra ubicada a orilla del Río Bravo como se muestra en la figura siguiente.

4.1.1. Localización y determinación de coordenadas de posición

La siguiente figura muestra la ubicación en planta, en zona boscosa de la trituradora en mención.

Figura 2. Ubicación de planta Trituradora en carretera CA-2, km 130



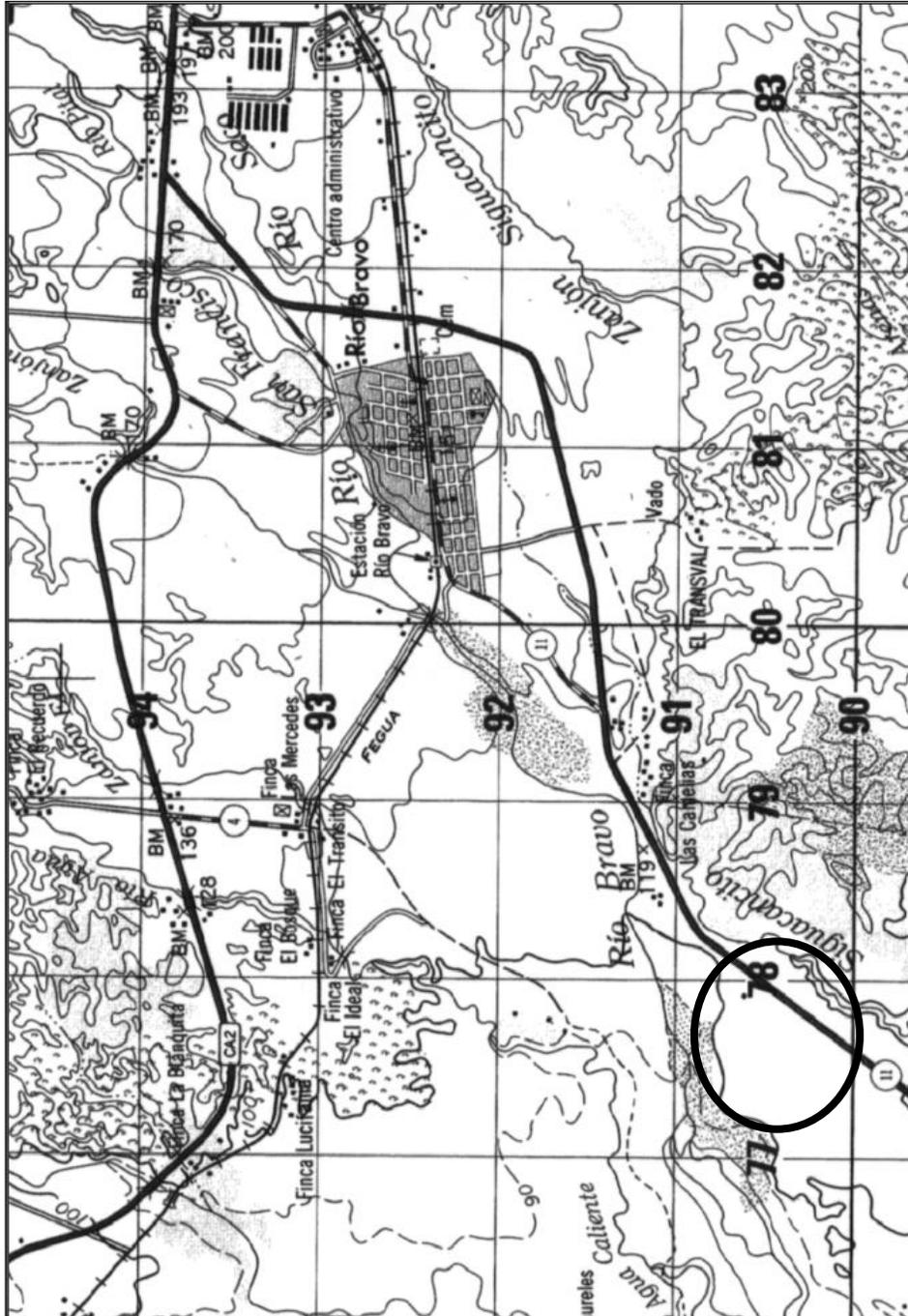
Fuente: Internet, Google Earth. Febrero 2011.

Figura 3. Trituradora en Río Bravo, carretera CA-2, km 130
coordenadas: 14°23'00.42 N 91°21'02.69 O, elevación 337 pies SNM.



Fuente: Internet, Google Earth. Febrero 2011.

Figura 4. Mapa cartográfico ubicación planta de agregados km 130



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), ampliación de mapa América Central 1:250,000, Guatemala. Edición 2-IGN-DMA.

La principal actividad económica de la región donde se encuentra ubicado la planta, y que colinda con orillas del río en mención, es agroindustrial y desfogue de aguas servidas, (caña de azúcar, hule, plátano, banano, maíz, frijol y otros. Éste río atraviesa por áreas verdes, haciendo la observación que se encuentra a orillas del municipio de Río Bravo, donde actualmente no se tiene un tratamiento de las aguas provenientes del sistema de alcantarillado.

4.1.2. Clima y régimen de lluvia

El clima es cálido, variando su temperatura de los 21° a 39,5°C, con bastante humedad, las precipitaciones de invierno inician de mayo a octubre, con abundante lluvia entre julio y octubre. La precipitación de lluvia promedio en esta región es de 1 000 a 1 459 mm por año.

4.1.3. Explotación de bancos

La explotación es a cielo abierto. La excavación de las riveras y cauce del río, se hace con excavadoras de Caterpillar Modelo 1995. Cuenta con equipo de trituración Norberg Hidrocono Hp 200 Quijada C.80 y con tamizadora de triple cama 18' x 20'.

Figura 5. **Planta trituradora en Río Bravo, carretera CA-2, km 130**



Fuente: planta trituradora con ubicación en Río Bravo, km 130.

4.1.4. Producción media mensual

Arena:	2 000 m ³ /mes
Grava triturada de 1/2 in:	3 000 m ³ /mes
Grava triturada de 1 in .	3 000 m ³ /mes
Grava triturada de 3/8 in:	3 000 m ³ /mes
Sub-base para carreteras:	1 200 m ³ /mes

4.2. Datos de planta en CA-2, ubicada en km 107

Área de 4 km² de bancos en el cauce del río, el cual está dentro del territorio del municipio de Patulul, del departamento de Suchitepéquez, a la altura del km 107, en el tramo carretero de la CA-2, que se ubica entre Santa Lucía Cotzumalguapa y Patulul. Esta planta se encuentra ubicada a orilla del río, Coyolate.

4.2.1. Localización y determinación de coordenadas de posición

La siguiente figura muestra la ubicación en planta, en zona boscosa de la trituradora en mención.

Figura 6. **Planta Trituradora en río Coyolate, carretera CA-2, km 107, Coordenadas: 14°22'34.05 N 91°08'13.44 O elevación 833 pies SNM.**



Fuente: Internet, Google Earth. Febrero 2011.

4.2.2. Clima y régimen de lluvia

El clima es cálido, variando su temperatura de los 21° a 39,5°C, con bastante humedad, las precipitaciones de invierno inician de abril a octubre, con abundante lluvia entre junio y octubre. La precipitación de lluvia promedio en esta región es de 1 500 a 2 499 mm por año.

4.2.3. Explotación de los bancos

La explotación es a cielo abierto. La excavación de las riveras y del cauce del río, se hace con excavadoras Caterpillar, Modelo 1992 y cargadores frontales Caterpillar. Cuenta con equipo de trituración Zedarapid con tamizadora de triple cama 15' x 16'.

Figura 8. **Fotografía de planta trituradora en río, Coyolate, carretera CA-2, km 107**



Fuente: planta trituradora con ubicación en río Coyolate, km 107.

4.2.4. Producción media mensual

En la extracción, se tiene un promedio general de materiales de 4 000 m³. Los porcentajes de material van dependiendo según sean, las necesidades solicitadas en campo.

5. ENSAYOS

5.1. Ensayos de agregados

Para realizar los ensayos, hay que tomar en cuenta ciertos aspectos de los agregados, tanto finos como gruesos, siendo estos.

5.1.1. Composición mineralógica

La composición mineralógica permite identificar las características principales de los agregados en estudio, y para éste caso se ha realizado bajo la Norma ASTM C295, con la supervisión de un reconocido geólogo de Guatemala, en la asesoría del departamento de Energía y Minas de la Facultad de Ingeniería.

La descripción de los materiales contenidos en las muestras de estudio se muestran en el inciso 5.1.12. (El contenido alto de materiales que afectan, define si es aceptable el material o no, como: pómez, micas, materia orgánica, horblenda y otros, los que indicarían un material no apto para la construcción, afectado su adherencia con el cemento, poca resistencia, etc.).

**5.1.2. Densidad relativa (masa específica), y absorción en agregados (ASTM C127-07. Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción de agregados gruesos, (C-128-07a).
Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado fino**

Se define como la masa del agregado respecto a la masa del volumen desplazado de agua, por el mismo agregado, y referido a la masa específica del agua, bajo condiciones dadas de temperatura.

La muestra para llevar a cabo el ensayo de densidad relativa debe ser saturada superficialmente seca, la cual se define cuando los poros permeables de cada partícula del agregado han quedado llenos con agua y no contiene agua libre en la superficie de la partícula.

El dato de densidad relativa de las partículas, es utilizado para determinar el volumen absoluto ocupado por el agregado, y para el cálculo de la proporción en las mezclas de concreto. Generalmente los valores aceptados de densidad relativa de agregados para concreto normal, están entre 2,4 y 2,9.

Otro ensayo que se determina a partir de la condición saturada de superficie seca, es la capacidad de absorción de los agregados, y servirá, junto al dato de condición de humedad de los agregados, para hacer correcciones en la mezcla de concreto.

El procedimiento y el cálculo del ensayo se realizó según lo especifica la norma respectiva.

Según análisis en laboratorio, los parámetros obtenidos son:

a. banco del km 107 a orilla del río Coyolate

Densidad relativa y absorción en agregados

Agregado fino

Tabla IV. **Densidad relativa**

1. Peso específico	Prueba 1, (gr)	Prueba 2, (gr)	Prueba 3, (gr)
2. Peso probeta	161,9	159,1	160,3
3. Peso prob + material	361,9	359,1	360,3
4. Peso prob+mat+H2O	786,1	783,2	783,9
5. Peso prob+ H2O	660,9	358,2	659,1
6. Temperatura	-	-	-
7. Peso del material	200	200	200
8. Peso específico	2.67	2.67	2,66
Promedio	2,67		

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Porcentaje de absorción**

Parámetro	Gramos
Peso inicial	500
Peso final	496,2
% de absorción	0,76

Fuente: elaboración propia.

Agregados gruesos

Tabla VI. **Densidad relativa**

1.Peso específico	Prueba 1, (gr)	Prueba 2, (gr)	Prueba 3, (gr)
2. Peso probeta	335,1	334,1	330,7
3. Peso prob + material	535,1	524,1	530,7
4. Peso prob+mat+H2O	956,1	953,4	953,1
5. Peso prob+ H2O	832,4	827,3	825,2
6. Temperatura	-	-	-
7. Peso del material	200	200	200
8. Peso específico	2,62	2,71	2,77
Promedio	2,70		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Porcentaje de absorción**

Parámetro	Gramos
Peso inicial	500
Peso final	472,5
% de absorción	0,06 %

Fuente: elaboración propia.

b. Banco del km 130 a orilla del Río Bravo.

Densidad relativa y absorción en agregados

Agregados finos

Tabla VIII. **Densidad relativa**

9. Peso específico	Prueba 1, (gr)	Prueba 2, (gr)	Prueba 3, (gr)
10. Peso probeta	162,5	166,3	159
11. Peso prob + material	362,5	366,3	359
12. Peso prob+mat+H2O	784,4	789	783,4
13. Peso prob+ H2O	661,5	665,5	659,4
14. Temperatura	-	-	-
15. Peso del material	200	200	200
16. Peso específico	2,59	2,61	2,63
Promedio	2,61		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Porcentaje de absorción**

Parámetro	Gramos
Peso inicial	500
Peso final	487,7
% de absorción	2,46 %

Fuente: elaboración propia.

Agregados gruesos

Tabla X. **Densidad relativa**

9.Peso específico	Prueba 1, (gr)	Prueba 2, (gr)	Prueba 3, (gr)
10. Peso probeta	182,2	181,8	180,3
11. Peso prob + material	382	381,8	380,3
12. Peso prob+mat+H2O	800	802,0	795,7
13. Peso prob+ H2O	679	678,8	678,2
14. Temperatura	-	-	-
15. Peso del material	200	200	200
16. Peso específico	2,53	2,60	2,42
Promedio	2,52		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Porcentaje de absorción**

Parámetro	Gramos
Peso inicial	500
Peso final	988,35
% de absorción	2,33

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los parámetros de 2,4 y 2,9 el promedio de los bancos en estudio se encuentran dentro del rango de densidad absoluta aceptable.

5.1.3. Obtención de materiales que pasan la malla 75 μm (No. 200) agregados minerales por medio de lavado (ASTM C-117-04, Método de prueba estándar para materiales más finos que 75 micras (número 200), tamizar en minerales agregados por lavado)

Se define como la pérdida de finos que pasan tamiz 200, por medio de lavado, según procedimiento de la norma respectiva, y expresada en porcentaje de masa con relación a la muestra original.

La arcilla, limo y polvo adheridos a los agregados, son perjudiciales en las mezclas de concreto. El exceso de finos provocará la mayor utilización de agua en la mezcla, correspondiendo a una baja en la resistencia y durabilidad. La arcilla, limo y polvo adheridos a los agregados, dificultan su adherencia con la pasta de cemento. El nivel de referencia para los agregados gruesos de 1 in y 3/8 in es 1% máximo; y para el agregado fino es de 3% máximo, para concretos sujeto a desgaste por abrasión, y de máximo 5% para otros concretos. Cuando los finos son esencialmente polvo de roca, el límite puede subir hasta 1,5% en agregados gruesos y 7% en el agregado fino, según norma ASTM C33.

a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

Tabla XII. Porcentaje que pasa el tamiz 200

Parámetro	Gramos
Peso inicial	500
Peso final	435,4
% que pasa	12,92

Fuente: elaboración propia.

El porcentaje que se encontró pasado el tamiz 200, teniendo en consideración que se trata de arena mas polvo de roca triturada, están por encima del límite permisible, por lo que se debe tener en cuenta, que los mismos afectarán la resistencia del concreto ya fraguado.

b. Banco del km 130 a orilla del Río Bravo

Tabla XIII. Porcentaje que pasa el tamiz 200

Parámetro	Gramos
Peso inicial	500
Peso final	463,2
% que pasa	7,36 %

Fuente: elaboración propia.

El porcentaje que se encontró pasado el tamiz 200, teniendo en consideración que se trata de arena más polvo de roca triturada están por encima del límite permisible, por lo que se debe tener en cuenta que los mismos afectarán la resistencia del concreto ya fraguado.

5.1.4. Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos (ASTM C-136-06. Método de prueba estándar para el análisis de cedazo fino y agregados gruesos)

Este método describe un procedimiento para determinar la distribución de los tamaños de las partículas de agregados finos y gruesos, en condición seca al horno, por medio de tamices siguiendo el procedimiento de la norma.

Parámetros de la granulometría: uno de los parámetros a determinar en la distribución granulométrica es el módulo de finura (MF), que está definido como la suma de los porcentajes acumulados en la serie de tamices normalizados, dividido por 100 y empieza desde el tamiz No. 100 hasta el máximo tamaño del agregado. El MF es un factor que indica la fineza o lo grueso de la graduación de la muestra.

Otro de los parámetros importantes, representativo y más sensible que el MF a cualquier cambio en la granulometría de la muestra, es el módulo de *Hudson* (\bar{A}), y se define como la centésima parte de la suma de los porcentajes que pasan los diez tamices estándar del de 1 ½ in hasta el No. 200 inclusive.

Se considera una figura más representativa de la distribución de tamaños de las partículas y de su superficie específica, así como de los efectos de la variación de esta última. Tiene la ventaja sobre el módulo de finura, de incluir la fracción que pasa tamiz 200. Los límites de aceptación recomendados para el proceso de producción se indican en tablas II y IV, con base en las curvas granulométricas limitantes, de la norma ASTM C 33, tomando como referencia al promedio meta (X_m), definiendo que los valores bajos que éste son graduaciones gruesas y los valores más altos, graduaciones finas, aunque de preferencia el coeficiente de *Hudson* deberá estar cercano al promedio meta para ajustarse a la graduación óptima de producción.

a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

Agregados finos

Tabla XIV. **Análisis granulométrico**

Tamaño de tamices	Peso de material retenido	% Retenido Individual	% Retenido acumulado	% pasa acumulado
3/8"	0	0	0	100
#4	0,60	0,12	0,12	99,88
#8	87,4	17,36	17,48	82,52
#16	234,9	29,50	46,98	53,02
#30	325,5	18,12	65,10	34,90
#50	384,9	11,88	76,98	23,02
#100	427,1	8,44	85,42	14,58
Fondo	500	14,58	100	0

Fuente: elaboración propia.

Agregados gruesos

Tabla XV. **Análisis granulométrico**

Tamaño de tamices	Peso de material retenido	% Retenido individual	% Retenido acumulado	% pasa acumulado
1"	55	0,33	0,33	100
3/4"	993	5,91	6,24	93,76
1/2"	6240	37,16	43,4	56,60
3/8"	3459	20,60	64	36
No.4	5050	30,07	94,07	5,93
Polvo	996	5,93	100	0

Fuente: elaboración propia.

b . Banco del km 130 a orilla del Río Bravo

Agregados finos

Tabla XVI. **Análisis granulométrico**

Tamaño de Tamices	Peso de material retenido	% Retenido individual	% Retenido acumulado	% pasa acumulado
3/8"	14,80	2,96	2,96	100
#4	48,8	6,8	9,76	90,24
#8	97,5	9,74	19,5	80,5
#16	167,0	13,90	33,4	66,6
#30	280,5	22,70	56,1	43,9
#50	403,9	24,68	80,78	19,22
#100	464,6	12,14	92,92	7,08
Fondo	500	7,08	100	0

Fuente: elaboración propia.

Agregados gruesos

Tabla XVII. **Análisis granulométrico**

Tamaño de tamices	Peso de material retenido	% Retenido individual	% Retenido acumulado	% pasa acumulado
1"	1487	9,41	9,41	100
3/4"	5225	33,07	42,48	57,52
1/2"	6958	44,04	86,52	13,48
3/8"	1070	6,77	93,29	6,71
No.4	153	0,97	94,26	5,74
Polvo	907	5,74	100	0

Fuente: elaboración propia.

La interpretación de los resultados se puede observar en las gráficas de la figura 9, 10, 11 y 12 , donde se puede observar que, se encuentran dentro de los límites aceptables, haciendo la observación de que se debe mejorar la graduación de los agregados finos (gráfica 11), encontrados en el Río Bravo, para que estén dentro de los límites aceptables.

5.1.5. Masa unitaria de agregados (ASTM C29 / C29M – 07. Método de prueba estándar para densidad (peso de la unidad) y en los huecos de agregados)

El procedimiento para la realización del ensayo, fue basándose en norma ASTM C29, y se define como la relación de la masa de la muestra y el volumen aparente que ocupa la misma, incluyendo los vacíos entre las partículas, de la cual se obtienen datos importantes como la masa unitaria suelta seca, la masa unitaria compactada seca y el porcentaje de vacíos, que servirán para calcular volúmenes aparentes, volúmenes absolutos y el requerimiento de mortero por los vacíos a llenar. Los resultados en las masas unitarias dependerán del tamaño, la granulometría, la forma y la textura del agregado.

a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

Agregados finos

Tabla XVIII. **Masa unitaria de agregados**

Peso Unit.	P.U. suelto	P.U. suelto	P.U.C.S.	Compactado	Comp.	Comp.
Peso recipiente	1 690	1 690	1 690	1 690	1 690	1 690
Peso rec + mat	5 960	6 046	6 070	6 220	6 390	6 580
Peso material	4 270	4 356	4 380	4 530	4 700	4 890
Col. Rec.	2,843	2,843	2,843	2,843	2,843	2,843
Peso Unit.	1 501,9	1 532,18	1 540,63	1 593,39	1 653,18	1 720,01
PROMEDIO	1 524,91			1 655,53		

Fuente: elaboración propia.

Porcentaje de vacíos

Peso específico 2,67

P.U.C.S. 1 655,53

% de vacíos 37,92

Agregados gruesos

Tabla XIX. **Masa unitaria de agregados**

Peso Unit.	P.U. suelto	P.U. suelto	P.U.C.S.	Compactado	Comp.	Comp.
Peso recipiente	3 615	3 615	3 615	3 615	3 615	3 615
Peso rec + mat.	13 275	13 347	13 289	14 135	14 165	14 190
Peso material	9 660	9 732	9 674	10 520	10 550	10 575
Col. Rec.	7	7	7	7	7	7
Peso Unit.	1 380	1 390,29	1 382	1 502,86	1 507,14	1 510,71
PROMEDIO	1 384,1			1 506,9		

Fuente: elaboración propia.

Porcentaje de vacíos

Peso específico 2,70

P.U.C.S. 1506,90

% de vacíos 44,10

a. Banco del km 130 a orilla del Río Bravo

Agregados finos

Tabla XX. **Masa unitaria de agregados**

Peso Unit.	P.U. suelto	P.U. suelto	P.U.C.S.	Compactado	Comp.	Comp.
Peso recipiente	1 690	1 690	1 690	1 690	1 690	1 690
Peso rec + mat.	6 070	6 058	6 064	6 343	6 388	6 354
Peso material	4 380	4 368	4 374	4 653	4 698	4 675,5
Col. Rec.	2,843	2,843	2,843	2,843	2,843	2,843
Peso Unit.	1 540,6	1 536,41	1 538,52	1 636,65	1 652,48	1 644,57
PROMEDIO	1 538,52			1 644,57		

Fuente: elaboración propia

Porcentaje de vacíos

Peso específico 2,61

P.U.C.S. 1 644,57

% de vacíos 37,07

Agregados gruesos

Tabla XXI. **Masa unitaria de agregados**

Peso Unit.	P.U. suelto	P.U. suelto	P.U.C.S.	Compactado	Comp.	Comp.
Peso recipiente	3 567	3 567	3 567	3 567	3 567	3 567
Peso rec + mat.	12 780	12 650	12 640	13 445	13 471	13 458
Peso material	9 213	9 083	9 073	9 878	9 904	9 891
Col. Rec.	7	7	7	7	7	7
Peso Unit.	1 316,1	1 297,57	1 296,14	1 411,14	1 414,86	1 413,00
PROMEDIO	1 303,29			1 413		

Fuente: elaboración propia.

Porcentaje de vacíos

Peso específico	2,52
P.U.C.S.	1 413
% de vacíos	43,93

La norma ASTM C29, que se refiere al porcentaje de vacíos, especifica que el agregado grueso debe encontrarse aproximadamente entre un 30% y un 45%, el informe de la muestra indica un porcentaje de: 37,92 y 44,10 de los agregados del Río Bravo y 37,07 y 43,93 del río Coyolate, los cuales están dentro del rango de aceptación.

5.1.6. Sustancias deletéreas en los agregados (ASTM C33 / C33M-08. Especificación estándar para agregados de concreto)

Esta norma define los requisitos necesarios de graduación y calidad de los agregados fino y grueso, que serán utilizados para concretos estructurales, por

lo que es considerada adecuada para asegurar materiales satisfactorios en concretos utilizados en obra civil.

Agregado fino: se determina como el material que pasa por el tamiz No. 4 hasta el tamiz No.100, y se clasifica en arena natural, de canto rodado o de río, manufacturada o combinación de ambas.

Graduación: el agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites que se establecen en la siguiente tabla, según norma ASTM C 33.

Límites de granulometría para el agregado fino según Norma ASTM C33

Tabla XXII. **Límites de granulometría para el agregado fino según norma ASTM C33**

Tamiz (porcentaje que pasa)	
3/8" (9,50 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.

El agregado fino no deberá tener más del 45% retenido, entre 2 tamices consecutivos, de los indicados en la tabla anterior.

Tabla XXIII. **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: Normas de la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales.

Agregado grueso

Está formado fundamentalmente por gravas, gravas trituradas, roca triturada, escoria de hornos de explosión, concreto de cemento hidráulico triturado o una combinación de lo anterior. Se considera como el material retenido a partir del tamiz no. 4, para su buena utilización no deben ser demasiado porosos, ni de forma muy alargada de acuerdo con los requerimientos que establece la norma ASTM C33.

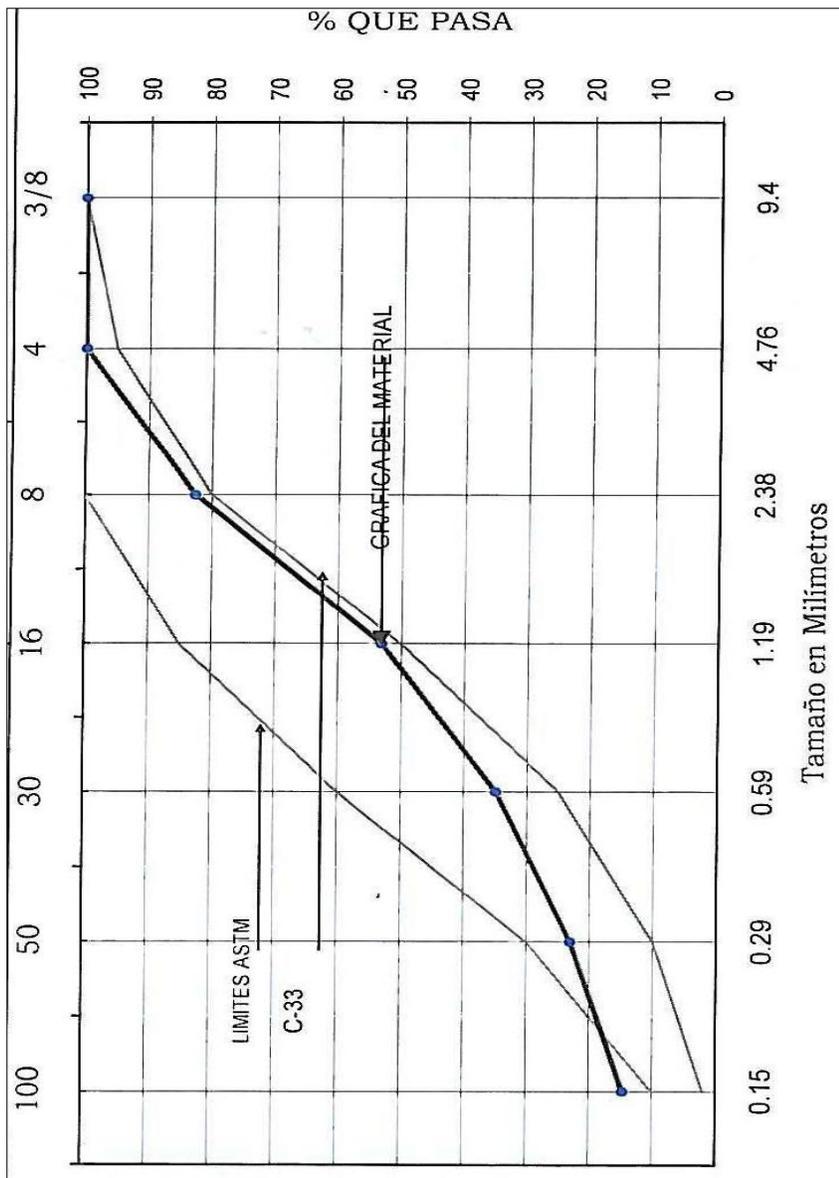
Graduación

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

a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

Agregados finos

Figura 9. Trituradora ubicada en el km 107



Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla XXIV. **Características físicas de los materiales**

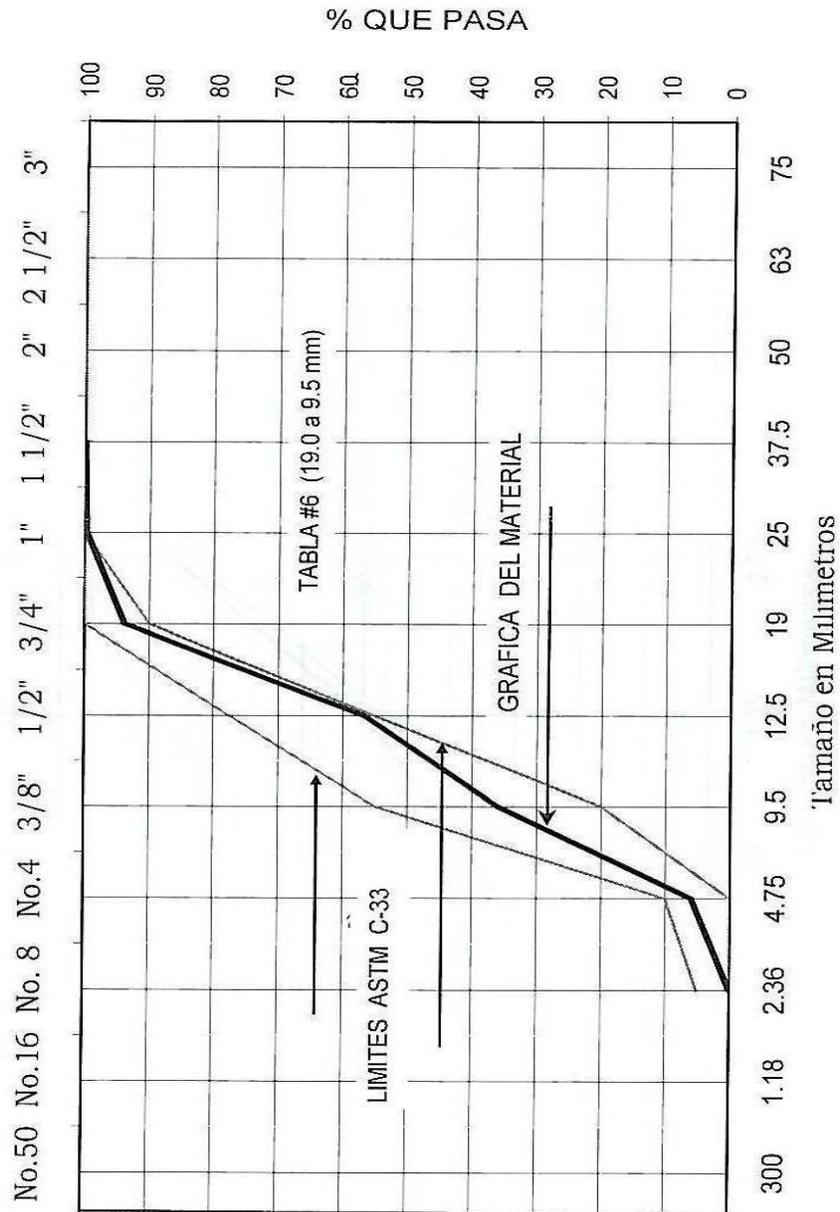
Peso específico	2,67
Peso unitario (kg/m ³)	1 655.53
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 524,91
Porcentaje de vacios	37,92
Porcentaje de absorción	1,38
Contenido de materia orgánica	1
% Retenido en tamiz 6.35	0
% que pasa tamiz 200	12,92
Módulo de finura	2,92

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De la gráfica (figura 9), anterior se puede observar que solo el tamiz 100 queda un poco fuera de la misma, siendo también importante que no sobrepasa el 45% de el total del material, lo que indica que se encuentra dentro de los límites aceptables.

Agregados gruesos

Figura 10. Trituradora ubicada en el km 107



Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla XXV. **Características físicas**

Peso específico	2,70
Peso unitario (kg/m ³)	1 506,90
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 384,10
Porcentaje de vacios	44,20
Porcentaje de absorción	5,82
Contenido de materia orgánica	-----
% Retenido en tamiz 6.35	-----
% que pasa tamiz 200	-----
Módulo de finura	-----

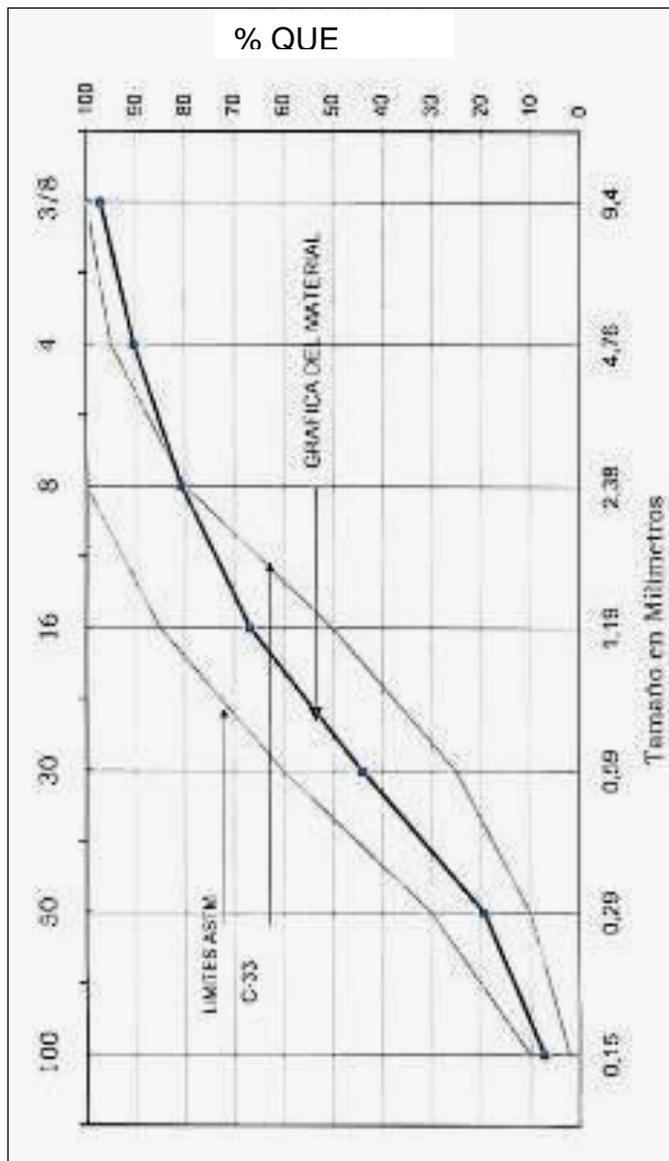
Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De la gráfica (figura 10), anterior se puede observar que la granulometría del material se encuentra dentro de los rangos, por lo que es aceptable.

b. Banco del km 130 a orilla del Río Bravo

Agregados finos

Figura 11. Trituradora ubicada en el km 130



Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla XXVI. **Características físicas**

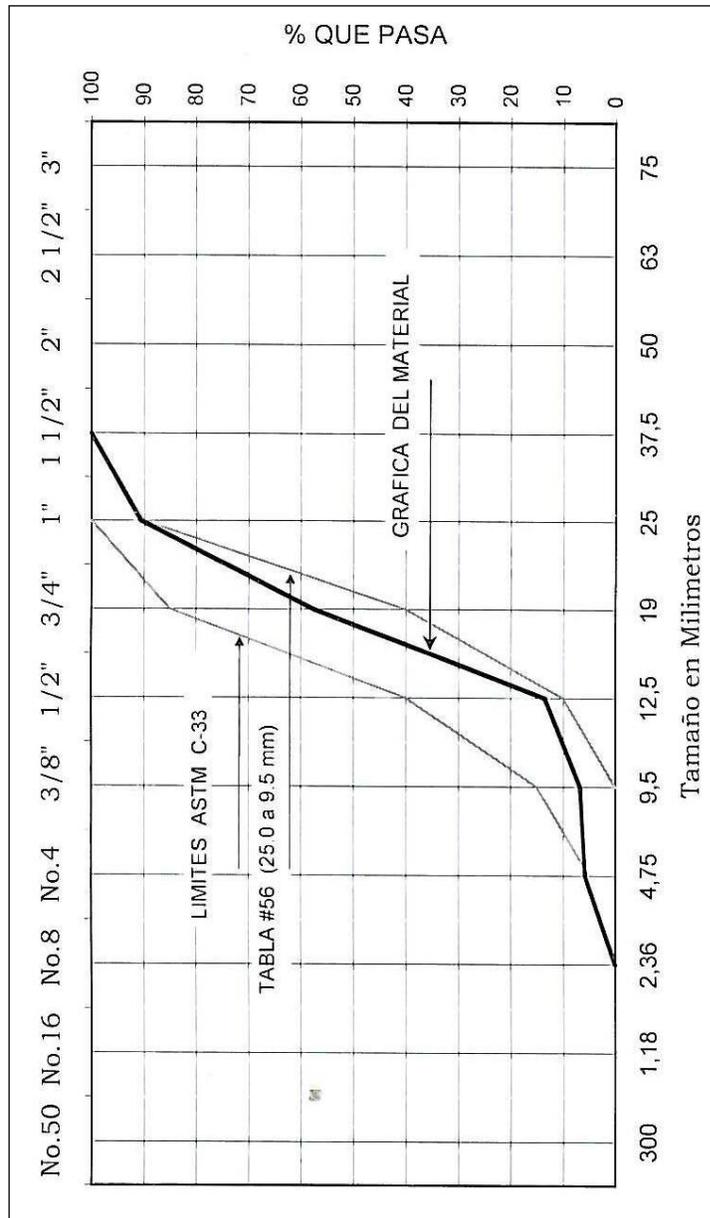
Peso específico	2,62
Peso unitario (kg/m ³)	1 638,94
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 532,89
Porcentaje de vacíos	37,56
Porcentaje de absorción	2,52
Contenido de materia orgánica	4
% Retenido en tamiz 6.35	14,37
% que pasa tamiz 200	7,36
Módulo de finura	2,92

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De la gráfica (figura 11), anterior se puede observar que solo el tamiz 4 y 3/8" quedan fuera de la misma, siendo también importante que no sobrepasan el 45% de el total del material, lo que se indica que se encuentra dentro de los límites aceptables.

Agregados gruesos

Figura 12. Trituradora ubicada en el km 130



Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla XXVII. **Características físicas**

Peso específico	2,62
Peso unitario (kg/m ³)	1 413
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 296,86
Porcentaje de vacios	46
Porcentaje de absorción	2,39
% que pasa tamiz 200	-----
% Desgaste por sulfato de sodio	-----
% Desgaste por abrasión	-----
% Partículas planas y alargadas	-----
% Partículas livianas	-----

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De la gráfica (figura 12) anterior se puede observar que la granulometría del material se encuentra en rangos aceptables.

5.1.7. Impurezas orgánicas en arenas para concreto (ASTM C40-04. Método de prueba estándar de impurezas orgánicas en agregados para concreto)

Para llevarse a cabo el ensayo de materia orgánica, se siguió el procedimiento de la norma ASTM C40, que determina en forma aproximada la presencia de compuestos orgánicos dañinos (generalmente de origen vegetal), en arenas naturales que se vayan a usar en la fabricación de mortero y de concreto. Si sobrepasa el valor máximo permisible debe considerarse hacerse ensayos comparativos de resistencia en morteros, de la arena en prueba con relación a morteros de referencia, con la misma arena lavada en solución al 3

por ciento de hidróxido de sodio, para los usos mencionados aplicando la norma ASTM C-87. Se considera aceptable la arena en prueba, si su resistencia a 7 días es de 90% o mayor que la del mortero de referencia.

En el presente caso, se realizó para conclusión de análisis de uso del material.

Impurezas orgánicas

El contenido de impurezas orgánicas se determina por medio de la prueba colorimétrica. A excepción de los límites presentados en la anterior tabla, los agregados sujetos a la prueba de impurezas orgánicas y que produzcan un color más oscuro que el habitual, deberán ser rechazados, a no ser que cumplan alguna de las condiciones siguientes.

- Puede usarse un agregado fino que no haya cumplido con el ensayo, si se comprueba que la decoloración se produjo debido a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas similares.
- Puede usarse un agregado fino que no haya cumplido con el ensayo, si cuando se ensaye, posee propiedades adecuadas para la fabricación de morteros y estos presenten una resistencia a la compresión no menor del 95 % a los 7 días, calculada según la norma ASTM C - 87.

a. Banco del km 107 a orilla del río coyolate

En los datos obtenidos, después de la prueba, con la solución mencionada; los resultados obtenidos, según el colorímetro de laboratorio, esta muestra se encuentra dentro de la escala permisible. (Nivel 1).

b. Banco del km 130 a orilla del Río bravo

Según los datos obtenidos, después de la prueba, con la solución antes mencionada; los resultados obtenidos, según el colorímetro de laboratorio, esta muestra se encuentra fuera de la escala permisible, ya que quedó en el número 3 del colorímetro, registrando demasiada materia orgánica, la cual es perjudicial para las mezclas de concreto.

5.1.8. Estabilidad de agregados en solución de sulfato de sodio (ASTM C88-05). Método de prueba estándar para la solidez de agregados por uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Se utiliza para tener conocimiento de la capacidad del agregado y/o su resistencia a la desintegración, por medio de inmersión en solución de sulfato de sodio y secado en horno durante cinco ciclos, calculándose luego el porcentaje de pérdida de masa. También es llamado como estabilidad volumétrica de agregados finos y gruesos, y el procedimiento del ensayo se indica en la norma ASTM C-88.

El límite de aceptación para dicho ensayo es hasta el 12% de desgaste. El agregado que sobrepase este límite no debe ser usado en exposiciones ambientales severas como el congelamiento, o acciones agresivas severas

como las aguas o suelos que contienen sulfatos.

a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

Agregados finos

Tabla XXVIII. **Resultados de ensayo de sulfato de sodio en 5 ciclos**

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
No. 100 (149 mm)						
No. 50 (297 mm)	No. 100 (149 mm)	23,02	100,00	62,00	38,00	8,75
No. 30 (595 mm)	No. 50 (297 mm)	11,88	100,00	74,50	25,50	3,03
No. 16 (1.19 mm)	No. 30 (595 mm)	18,12	100,00	93,50	6,50	1,18
No. 8 (2.38 mm)	No. 16 (1.19 mm)	29,50	100,00	93,20	6,80	2,01
No. 4 (4.76 mm)	No. 8 (2.38 mm)	17,36	100,00	86,20	13,80	2,40
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	0,12	-----	-----	13,80	0,02
TOTALES		100,00	500,00	-----	-----	17,37

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Como puede observarse en la tabla anterior, el material fino sí es susceptible a desintegración, debido a que sobrepasa el porcentaje permisible del 12%, estando expuesto a desgaste e sulfatos del medio ambiente, de lo que se debe considerar siempre su utilización en la construcción.

Agregados gruesos

Tabla XXIX. Resultados de ensayo de sulfato de sodio en 5 ciclos

TAMAÑOS PASA RETENIDOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
2 1/2" (63.5 mm)	1 1/2" (38.1 mm)	0,00	-----	-----	-----	-----
1 1/2" (38.1 mm)	3/4" (19.05 mm)	6,24	-----	-----	3,30	0,21
3/4" (19.05 mm)	3/8" (9.52 mm)	57,76	1000,00	967,00	3,30	1,91
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	30,07	300,00	282,50	5,83	1,75
	Fondo	5,93	-----	-----	5,83	0,35
TOTALES		100,00	1300,00	-----	-----	4,21

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Como se puede observar en la tabla anterior, el material grueso de este banco se encuentra dentro de los parámetros permisibles, por lo que sí es recomendable para uso en construcción.

b. Banco del km 130 a orilla del río Bravo

Agregados finos

Tabla XXX. Resultados de ensayo de sulfato de sodio en 5 ciclos

PASA	TAMAÑOS RETENIDO	Graduación por Fracción	PESO DE FRACCION		% Desgaste	Desgaste referido a Graduación
			Antes de Ensayo	Después de Ensayo		
No. 100 (149)	FONDO	7,08	-----	-----	-----	-----
No. 50 (297)	No. 100 (149)	12,14	100,00	73,20	26,80	3,25
No. 30 (595)	No. 50 (297)	24,68	100,00	72,60	27,40	6,76
No. 16 (1.19mm)	No. 30 (595)	22,70	100,00	79,40	20,60	4,68
No. 8 (2.38mm)	No. 16 (1.19mm)	13,90	100,00	90,70	9,30	1,29
No. 4 (4.76mm)	No. 8 (2.38mm)	9,74	100,00	87,40	12,60	1,23
3/8" (9.52mm)	No. 4 (4.76mm)	9,76	-----	-----	12,60	1,23
T O T A L E S :		100,00	500,00	-----	-----	18,44

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Como puede observarse en la tabla anterior, el material fino sí es susceptible a desintegración, debido a que sobrepasa el porcentaje permisible, estando expuesto a desgaste de sulfatos del medio ambiente, de lo que se debe considerar siempre su utilización en la construcción.

Agregados gruesos

Tabla XXXI. **Resultados de ensayo de sulfato de sodio en 5 ciclos**

PASA	TAMANOS RETENIDOS	Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
2 1/2" (63.5 mm)	1 1/2" (38.1 mm)	-----	-----	-----	-----	-----
1 1/2" (38.1 mm)	3/4" (19.05 mm)	42.48	1498.00	1490.00	0.53	0.23
3/4" (19.05 mm)	3/8" (9.52 mm)	50.81	1000.00	946.0	5.40	2.74
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	0.97	-----	-----	5.40	0.05
	Fondo	5.74	-----	-----	5.40	0.31
TOTALES		100.00	2498.0	-----	-----	3.33

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Como se puede observar en la tabla anterior, el material grueso de este banco se encuentra dentro de los parámetros permisibles, por lo que sí es recomendable para uso en construcción.

5.1.9. Resistencia a la abrasión de agregado grueso de tamaño pequeño por medio de la máquina de Los Angeles (ASTM C131-06. Método de prueba estándar para la resistencia a la degradación de los pequeños de tamaño grueso, agregados por resistencia a la abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles)

Este método cubre el procedimiento para ensayar los tamaños de agregado grueso más pequeños que 38 mm (1 ½"), para resistencia a la abrasión usando la máquina de ensayo Los Ángeles, y es un indicador de la

calidad del agregado a ser utilizado en concreto sujeto a abrasión, como ocurre en los pisos para servicio pesado, pavimentos y obras hidráulicas.

El ensayo consiste en colocar una cantidad de agregado especificado dentro de un tambor de acero, que contiene bolas de acero; se pone a rotar el tambor un número de revoluciones determinado, y se mide el porcentaje en masa de material desgastado que pasa por tamiz No. 12 de acuerdo al tipo de abrasión como se indica en la siguiente tabla. Los límites máximos aceptables de abrasión para el agregado grueso son 40% a 50% para concreto expuesto a este tipo de desgaste. En Guatemala se acostumbra a fijar un límite de 40% (ver Libro Azul, sección 401-2, tomar en cuenta también la norma AASHTO T96), tanto para carreteras como para obras hidráulicas e hidroeléctricas.

Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 gr. De muestra.

Tabla XXXII. **Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 gr. de muestra**

Tipo	Tamices	Peso Retenido en gramos	No. De esferas	Rev.	Tiempo minutos
A	1", ¾", ½" y 3/8"	1 250 ± 10	12	500	17
B	½" y 3/8"	2 500 ± 10	11	500	17
C	¼" y No. 4	2 500 ± 10	8	500	17
D	No. 8	5 000	6	500	17

Fuente: Normas de la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales., vol. 04.03.

Se indica, a continuación, los resultados obtenidos en el orden de los bancos en estudio.

a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

Tabla XXXIII. **Porcentaje de desgaste por abrasión**

REFERENCIAS	MUESTRAS 1
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131
2. Graduación	"B"
3. % Desgaste	21,76

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De los resultados anteriores se puede deducir que el material de la planta mencionada sí cumple con los requisitos, debido a que se encuentra muy por debajo de los límites requeridos de desgaste por abrasión, siendo muy aceptable su porcentaje de desgaste, tanto para uso en pavimentos hidráulicos como también con asfaltos.

b. Banco del km 107 a orilla del Río Bravo

Tabla XXXIV. **Porcentaje de desgaste por abrasión**

REFERENCIAS	MUESTRAS 1
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131
2. Graduación	"A"
3. % Desgaste	40,86

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la planta en mención, se puede decir que su porcentaje de desgaste por abrasión se encuentra fuera del límite permisible, de lo que no es recomendable para su uso obras de tránsito, debido a que como se observa presentaría una menor vida útil de la misma.

5.1.10. Terrones de arcilla y partículas friables en agregados (ASTM C142 - 97 (2004). Método de prueba estándar para grumos de arcilla y partículas en friable en agregados)

El porcentaje de partículas friables (o desmenuzables), y/o de terrones de arcilla no debe exceder del 5% en masa, pero el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0,25 % en masa. Los límites para otras sustancias perjudiciales serán fijados para cada caso en las disposiciones especiales.

- a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

Tabla XXXV. Porcentaje de partículas friables

REFERENCIAS	MUESTRA
1. Norma de Ensayo	ASTM C-142
2. % Partículas friables	7.40

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De acuerdo a los límites establecidos, el porcentaje encontrado de partículas friables o suaves, sobrepasa el porcentaje de 5% aceptable, por lo que se considera que la muestra no es aceptable.

b. Banco del km 130 a orilla del Río Bravo

Tabla XXXVI. **Porcentaje de partículas friables**

REFERENCIAS	MUESTRA
1. Norma de Ensayo	ASTM C-142
2. % Partículas friables	7.36

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De acuerdo a los límites establecidos, el porcentaje encontrado de partículas friables o suaves, sobrepasa el porcentaje de 5% aceptable, por lo que se considera que la muestra no es aceptable.

5.1.11. Ensayo de reactividad potencial de agregados (ASTM C289-07. Método de prueba estándar para potencial alcali-sílice reactividad de agregados (método químico)

Este ensayo describe un método químico para determinar la reactividad potencial de un agregado con álcalis, en un concreto elaborado con cemento pórtland, de acuerdo con la magnitud de la reacción que ocurre durante 24 horas a 80°C, entre una solución de hidróxido de sodio 1 N y un agregado que ha sido triturado y cernido, de forma que pase por un tamiz No. 50 y quede retenido en un tamiz No. 100.

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

Los resultados de este método pueden ser obtenidos rápidamente, y, aunque no son completamente fiables en todos los casos, proveen datos valiosos que pueden mostrar la necesidad de obtener información adicional a través de los métodos establecidos en las normas ASTM C-227 y ASTM C-295 (método de la barra de mortero y análisis petrográfico, respectivamente, ver incisos).

Selección y preparación de la muestra

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

La muestra de ensayo debe ser preparada de una porción representativa del agregado, triturándolo hasta que pase el tamiz de 300 μm . (No. 50), de acuerdo al siguiente procedimiento: reducir el agregado grueso triturándolo hasta que pase por el tamiz de 4,75 mm (No. 4). Tamizar el agregado grueso triturado al igual que la arena, hasta obtener partículas de 150 μm . Descartar el material que pase por el tamiz de 150 μm . Reducir el material retenido en el tamiz de 300 μm pasándolo repetidamente por el disco pulverizador, tamizando después de cada pulverizado. El material debe ser reducido de tamaño hasta que pase por el tamiz de 300 μm . Debe evitarse tanto como sea posible la proporción de finos que pasa el tamiz No. 100. Reservar la porción retenida en el tamiz de 150 μm como muestra para el ensayo.

Procedimiento

Pesar tres partes representativas de $25,00 \pm 0,05$ gr de la muestra seca comprendida entre los tamices No. 50 y No. 100. Colocar cada porción en uno de los tres recipientes y agregar por medio de una pipeta 25 cm^3 de la solución de NaOH 1.000 N. En un cuarto recipiente, utilizando una pipeta, agregar 25 cm^3 de la misma solución NaOH para usarla como solución blanca. Sellar los cuatro envases, después de agitarlos suavemente para liberar el aire atrapado. Inmediatamente después de haber sellado los envases, se colocan en un baño líquido, o de aire mantenido a $80 \pm 1,0^\circ\text{C}$. Después de $24 \pm \frac{1}{4}$ de hora se sacan los envases del baño y se enfrían bajo una corriente de agua por 15 ± 2 minutos hasta menos de 30°C . Inmediatamente después de haberse enfriado los recipientes se filtra la solución del residuo del agregado.

Después de completar la filtración, se agita el filtrado para asegurar la homogeneidad y luego se toma una alícuota de 10 cm^3 del filtrado y se diluye 22 con agua hasta 200 cm^3 en un frasco volumétrico. Se conserva esta solución diluida para la determinación de la sílice disuelta y la reducción en alcalinidad, con las fórmulas y procedimientos dados por la norma.

Interpretación de los resultados

Han sido publicados estudios que correlacionan los resultados obtenidos a partir de este método con el comportamiento de los agregados en estructuras de concreto, con la expansión de barras de morteros elaborados con cemento de alto contenido de álcali y con los exámenes petrográficos de los agregados. A continuación se muestra la división entre agregados inofensivos y dañinos.

Los resultados del ensayo, podrían ser incorrectos para agregados que contienen carbonatos de calcio, magnesio o hierro ferroso, tal como calcita, dolomita, magnesita o siderita; o silicatos de magnesio tal como serpentina.

Para determinar la presencia de minerales de este tipo, se podrá realizar un examen petrográfico de los agregados.

Agregado Grueso. Debe cumplir con los requisitos de AASHTO M 80 y ASTM C 33; excepto que no se aplicará el ensayo de congelamiento y deshielo alternados y que en el ensayo de desintegración al sulfato de sodio, la pérdida de masa debe ser no mayor de 15% después de cinco ciclos, conforme AASHTO T 104 ó ASTM C 88.

Resultados obtenidos

a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

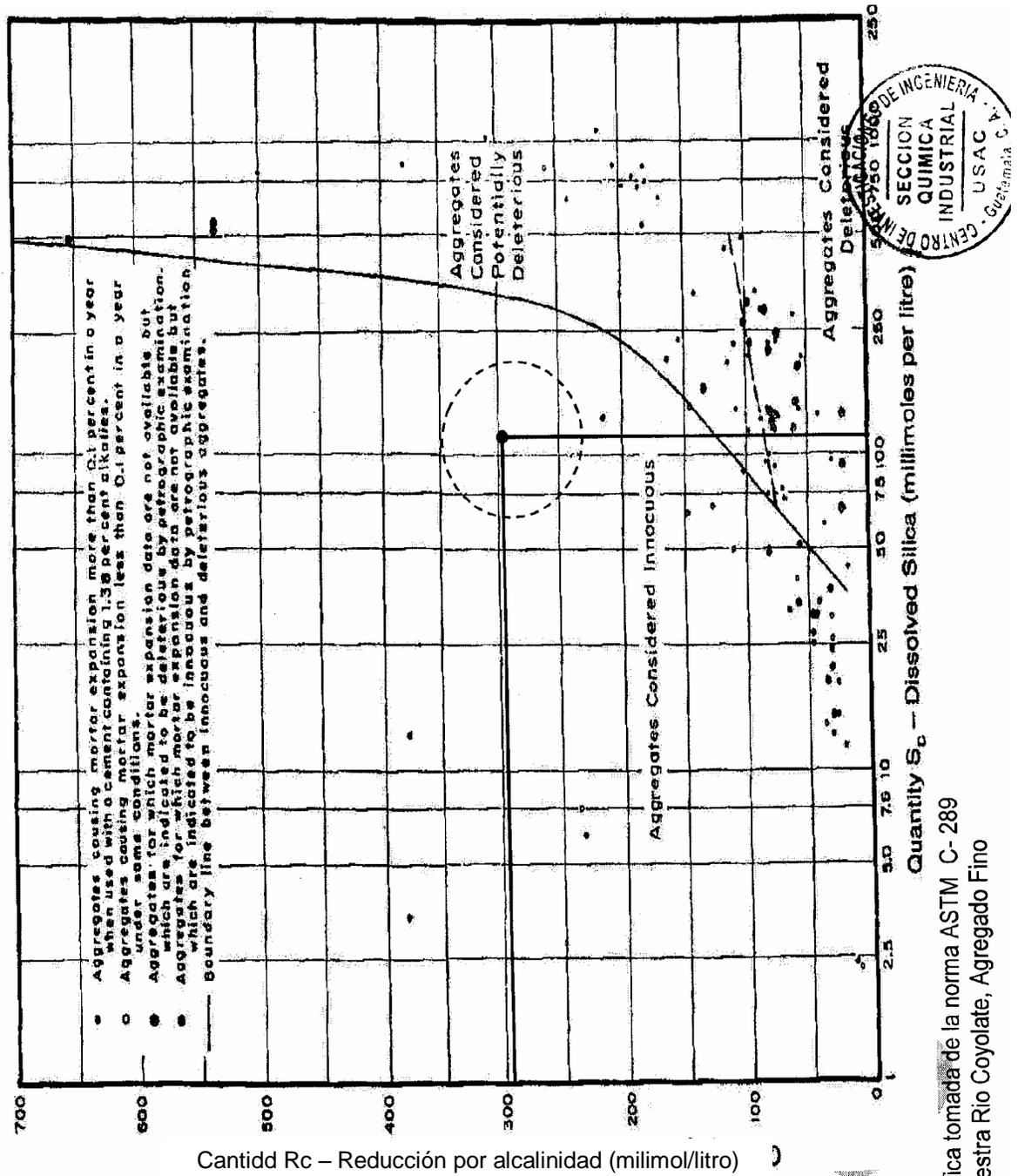
Agregados finos

Tabla XXXVII. **Resultados del ensayo de reactividad potencial**

Muestra	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
BANCO RIO COYOLATE Km 107	295.969 ± 40.946	136.82±14.32	INOCUO

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 14. Representación de los resultados obtenidos en el ensayo de reactividad potencial en agregados finos



Gráfica tomada de la norma ASTM C-289
 *Muestra Rio Coyolate, Agregado Fino

Fuente: informe de Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Agregados gruesos

Tabla XXXVIII. **Resultados del ensayo de reactividad potencial**

Muestra	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
BANCO RIO COYOLATE Km 107	193.33 ± 29.44	128.32±23.32	INOCUO

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 15. Representación de los resultados obtenidos en el ensayo de reactividad potencial en agregados gruesos

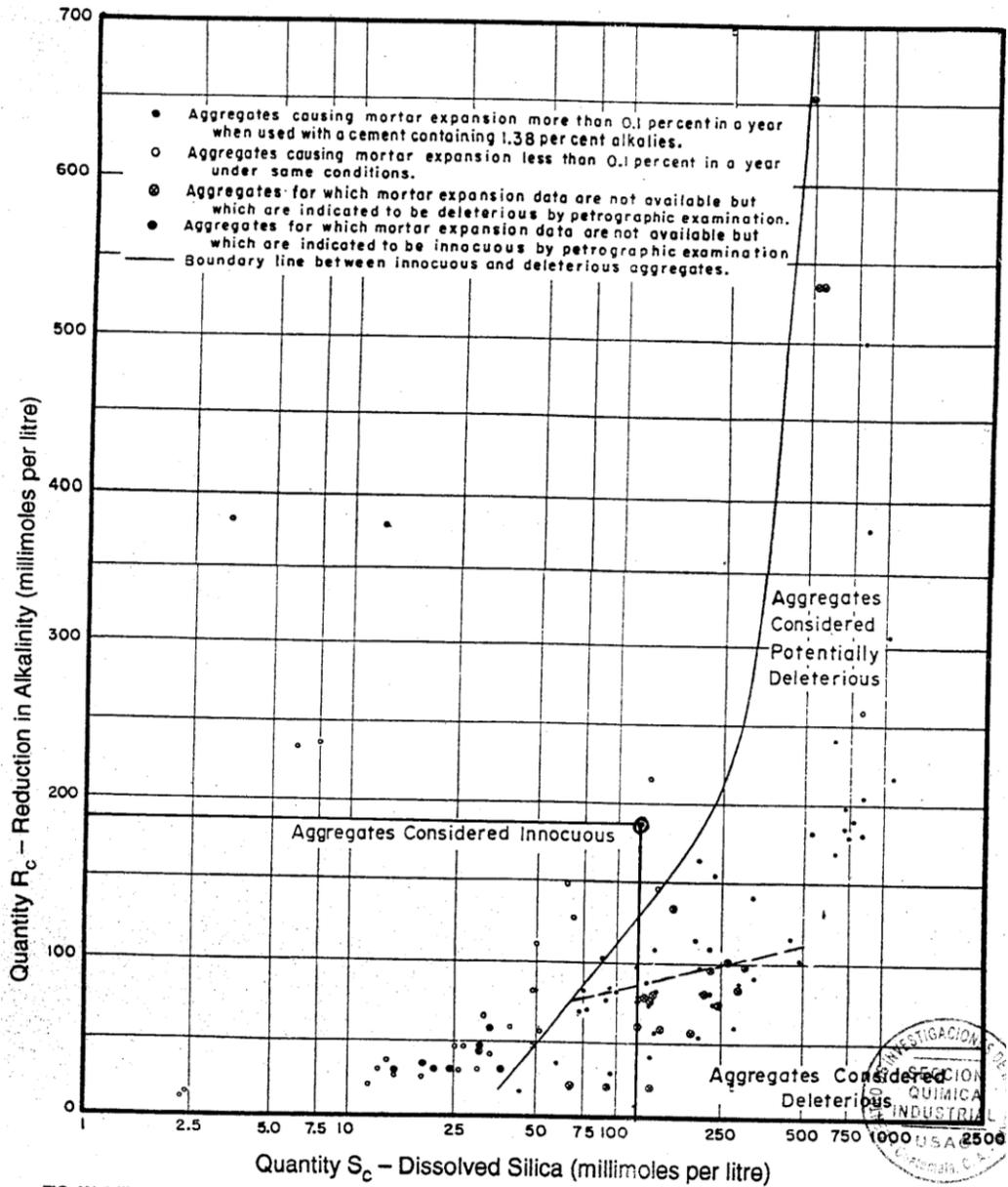


FIG. X1.1 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el material es inocuo, lo que indica que no presenta materiales dañinos para aplicarse en una mezcla de concreto, y que está por encima del 15% de pérdida total, de lo cual se establece que es aceptable.

b. Banco del km 130 a orilla del Río Bravo

Agregados finos

Tabla XXXIX. **Resultados del ensayo de reactividad potencial**

Muestra	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
BANCO RIO BRAVO Km 130	253.621 ± 6.179	116.12±18.12	INOCUO

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 16. Representación de los resultados obtenidos en el ensayo de reactividad potencial en agregados finos

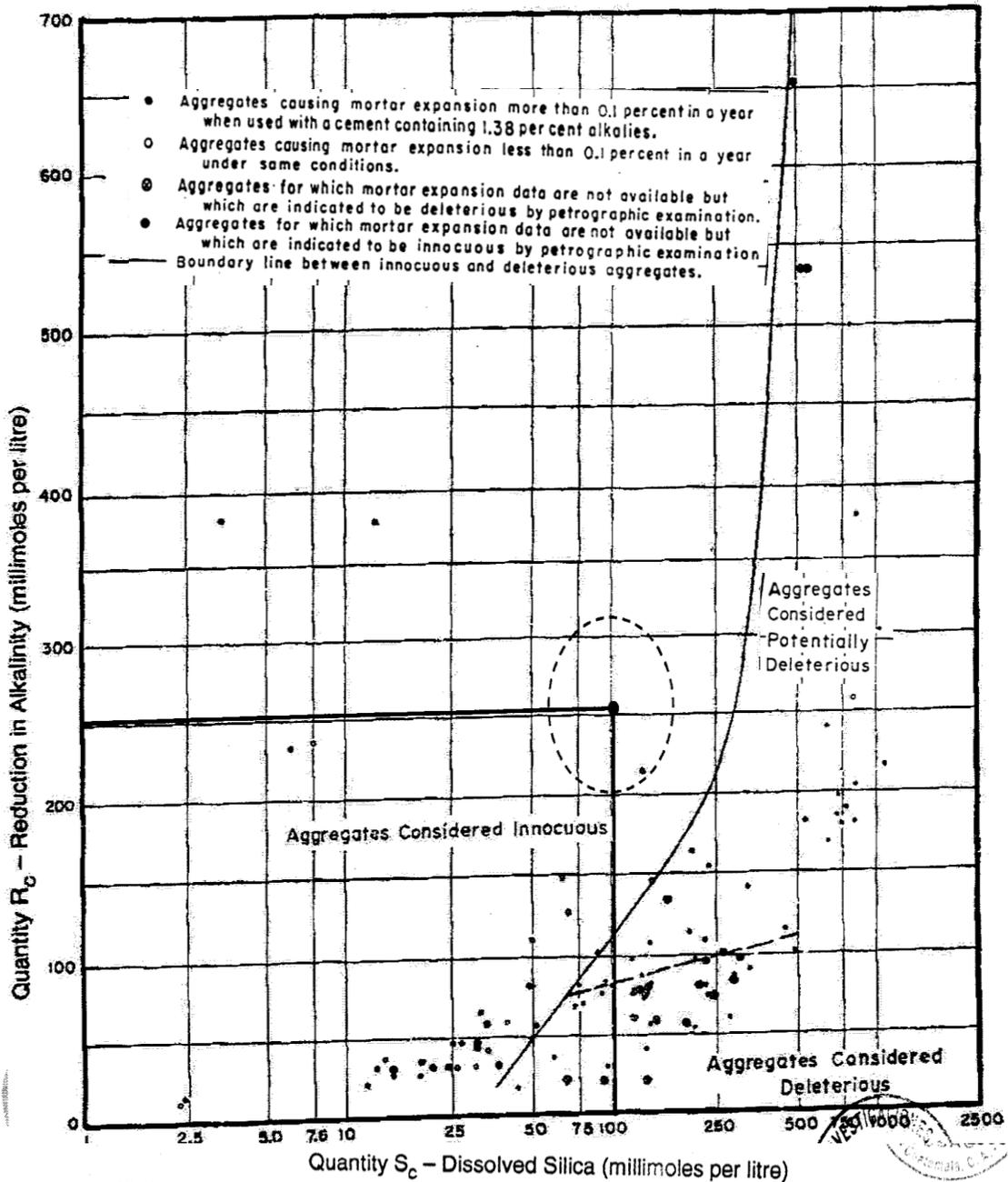


FIG. X1.1 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

Gráfica tomada de la norma ASTM C-289

*Muestra Rio Bravo, Agregado Fino

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Agregados gruesos

Tabla XL. **Resultados del ensayo de reactividad potencial**

Muestra	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
BANCO RIO BRAVO Km 130	211.51 ± 0.93	93.21 ± 13.12	INOCUO

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 17. Representación de los resultados obtenidos en el ensayo de reactividad potencial en agregados gruesos

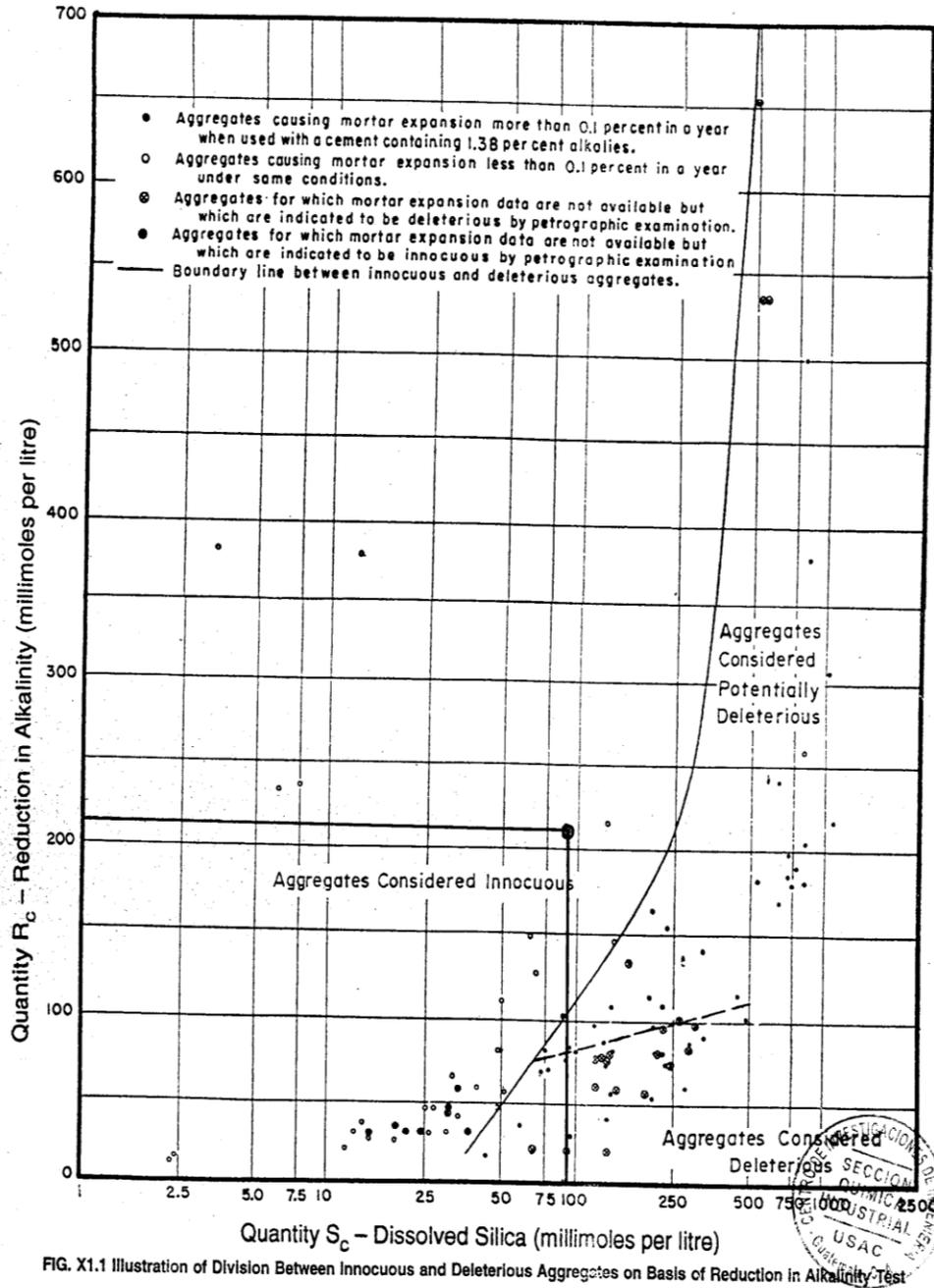


FIG. X1.1 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el material es inocuo, lo que indica que no presenta materiales dañinos para aplicarse en una mezcla de concreto, y que está por encima del 15% de pérdida total, de lo cual se establece que es aceptable.

5.1.12. Examen petrográfico de los materiales analizados (ASTM C295-08. Guía estándar para el examen petrográfico de agregados para hormigón).

Se utiliza para determinar la presencia de minerales y sustancias que provocan reacciones con la pasta de cemento Pórtland, a corto, mediano y largo plazo.

Uso de los análisis petrográficos

Los exámenes petrográficos se realizan con los siguientes propósitos.

- a. Determinar las características físicas y químicas, del material que será observado, para establecer el comportamiento de éste según el uso al que será destinado.
- b. Describir y clasificar los componentes que tiene la muestra
- c. Comparar muestras de agregados de uno o más bancos con muestras de bancos nuevos, estos datos deben estar disponibles en archivos. A continuación se presentan los lineamientos para la realización de un análisis petrográfico de los agregados para concreto, basado en la norma.

Toma de muestras

Para adquirir la muestra debe realizarse bajo la supervisión de un geólogo, habituado con los requisitos necesarios para la toma de muestras de agregados para concreto, se debe considerar la localización exacta, la geología y otros datos significativos del lugar donde se sustrajo la muestra.

Cuando se cuenta con material apilado y en disposición, la muestra representativa no debe tomarse por no menos de 45 kilogramos o 300 piezas de cualquier tamaño del material a examinar.

Para afloramientos de canteras no productoras, donde los apilamientos regulares del material no son disponibles, las muestras no deben ser menores de 2 kilogramos de cada estrato, con piezas que no pesen menos de 0,5 kg. o por núcleo perforado descrito anteriormente.

Los depósitos de arenas y gravas no desarrollados, deberán ser muestreados por medio de pruebas en trincheras excavadas a mano, para anticipar la futura producción económica. Las muestras consistirán en no menos de las cantidades de material indicadas en la tabla V, seleccionando, tanto como sea posible, la representatividad de los depósitos.

Cantidades de material de muestreo para el análisis petrográfico

Abertura de tamiz

CANTIDAD

kg lb Piezas

Mayores de 150 mm. (6") -- -- *

75 a 150 mm. (3" a 6") -- -- 300

37.5 a 75 mm. (1½" a 3") 180 400 --
19 a 37.5 (¾ " a 1½") 90 200 --
4.75 a 19 mm. (No. 4 a ¾ ") 45 100 --
Menores de 4.75 mm (No. 4) ** 23 50 --

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

** Agregado fino.

Selección de las muestras para el examen

Las muestras se tamizan en condición seca para obtener muestras de cada tamaño de tamiz. En el caso de las arenas, se utiliza una cantidad adicional que se prueba según la norma ASTM C-117, lavado de agua para que sea tamizado y removido por secado, para proporcionar un muestreo del material que pasa el tamiz No. 200.

Los resultados del análisis de tamices de cada muestra, se deben adjuntar al examen petrográfico. Cada fracción tamizada será examinada por separado, iniciando con el tamaño mayor para facilitar su identificación; puede necesitarse el uso del microscopio estereoscópico para facilitar la identificación de pequeñas partículas, o el uso del microscopio petrográfico. La reducción de partículas de cada fracción tamizada se realiza por medio de cuarteos hasta obtener un mínimo de 150 partículas; del número de partículas depende el grado de precisión que se requiera, el cual se contará al iniciarse el examen, luego de identificarse las partículas, se deben contar nuevamente.

Examen de la grava natural

El recubrimiento y cantos rodados, se examinan para establecer si existen recubrimientos exteriores, de ser así se determina si son dañinos para el concreto.

Las características físicas más importantes que deben describirse son las siguientes.

- a. Forma de las partículas
- b. Superficie de la partícula, textura
- c. Tamaño del grano
- d. Estructura interna, porosidad, cementación de los granos
- e. Color
- f. Composición mineralógica
- g. Heterogeneidad significativa
- h. Condición física general del tipo de rocas de la muestra
- i. Revestimiento o incrustaciones
- j. Presencia de componentes reactivos dañinos en el concreto

Exámenes de la arena natural

Este examen es similar al examen de grava, la diferencia esta en el tamaño de las partículas. Se sugiere que la muestra se extienda en un piso, plato de vidrio con fondo. La identificación es a menudo fácil cuando se sumergen en agua. El análisis de la reducción de las partículas sumergidas muestran rasgos de un diagnóstico que no se proporciona cuando el grano está seco. El petrógrafo determina la presencia de partículas planas de vidrio,

granos típicos, examinándolos en un medio de inmersión, con la utilización del microscopio.

Examen del núcleo de perforación

Cada núcleo es examinado obteniendo su respectivo registro, la longitud del núcleo recuperado, las pérdidas, espaciamiento de fracturas y diaclasas, tipos litológicos, alteraciones, condiciones rígidas y variantes en la condición tenacidad-dureza, coherencia, porosidad, tamaño y textura del grano, variaciones de los tipos de rotura y presencia de elementos capaces de reaccionar en deterioro de concreto. Si el tamaño de la muestra lo permite, se considera la posibilidad que la roca se encuentre en los límites con respecto al tamaño máximo requerido.

Examen de la roca expuesta

El procedimiento en este tipo de roca, debe ser el estudio de la roca individual. La muestra consiste en una cantidad relativamente grande de roca fracturada, se debe examinar la muestra completa, ya que de esta forma se determina la variedad relativa de las partículas presentes en la muestra.

Examen de la roca triturada

Debe ser similar al examen de las arenas naturales, con énfasis en la cantidad del grado de fractura, la naturaleza y cantidad del polvo de rocas desarrolladas por el proceso de la trituración, el examen refleja información que es de valiosa utilidad.

Examen de la arena manufacturada

El procedimiento debe ser igual al de la arena natural, con énfasis sobre la cantidad y extensión de fracturación y la cantidad y naturaleza del polvo de roca, desarrollado por la operación de trituración. Si una muestra de la roca, de la cual la arena fue producida, está disponible, el examen de ésta proveerá información de mucha utilidad.

Cálculos

Se calcula la composición de cada fracción retenida en los tamices de una muestra heterogénea y la composición en promedio ponderado de toda la muestra como sigue.

Se expresa la composición de cada fracción retenida en los tamices, por la suma del número total de partículas de la fracción contada y calculando cada componente en cada condición como un porcentaje de la cantidad total (como número de partículas en porcentaje, en cada fracción de tamiz). El porcentaje de peso de la fracción retenida en cada tamiz de la muestra completa (porcentajes individuales retenidos sobre tamices consecutivos), se obtiene al multiplicar los porcentajes de los componentes en la fracción tamizada, determinada y descrita anteriormente, por los porcentajes de la fracción tamizada de la muestra completa, se calculan los porcentajes de la muestra completa de ese componente, de ese tamaño y el porcentaje pesado de los componentes de la fracción tamizada. Se construye una tabla para representar la composición de cada fracción tamizada y los pesos de la composición de la muestra completa.

Reportar los valores aproximados a números enteros y las cantidades de componentes menores del 5% de la fracción tamizada o de la muestra completa como residuos. Como una convención, el total de cada fracción tamizada y el total de la muestra completa, será cada uno el 100%, no incluyendo los residuos.

Informes

El reporte del examen petrográfico debe contener los datos necesarios para identificar la muestra, la fuente, propósito, uso, incluyendo una descripción de la composición y propiedades del material. El informe debe incluir los procedimientos empleados en la prueba, y una descripción de la naturaleza y los componentes de la muestra, acompañado por tablas y fotografías según sea necesario.

Los resultados y conclusiones, deben ser expresados en términos comprensibles para quienes deben tomar las decisiones de conveniencia del material, para ser usado como agregado para concreto. Se debe mencionar todos los elementos que no favorezcan al concreto y si la muestra fue tomada en condiciones desfavorables. El informe debe incluir las recomendaciones respectivas a cualquier examen petrográfico adicional, químico, investigaciones físicas e investigaciones geológicas que puedan ser determinantes para evaluar las propiedades de la muestra en estudio.

Resultados obtenidos en forma macroscópica en el análisis de laboratorio, dirigido y supervisado.

Los materiales analizados se realizaron respetando la mínima cantidad (150 partículas por tamiz), establecida para su análisis en el laboratorio, los

cuales se llevaron a cabo bajo supervisión de un profesional del área de petrografía de la Facultad de Ingeniería. Este se realizó clasificándose con un microscopio para identificar por medio de materiales ya existentes en el laboratorio.

a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

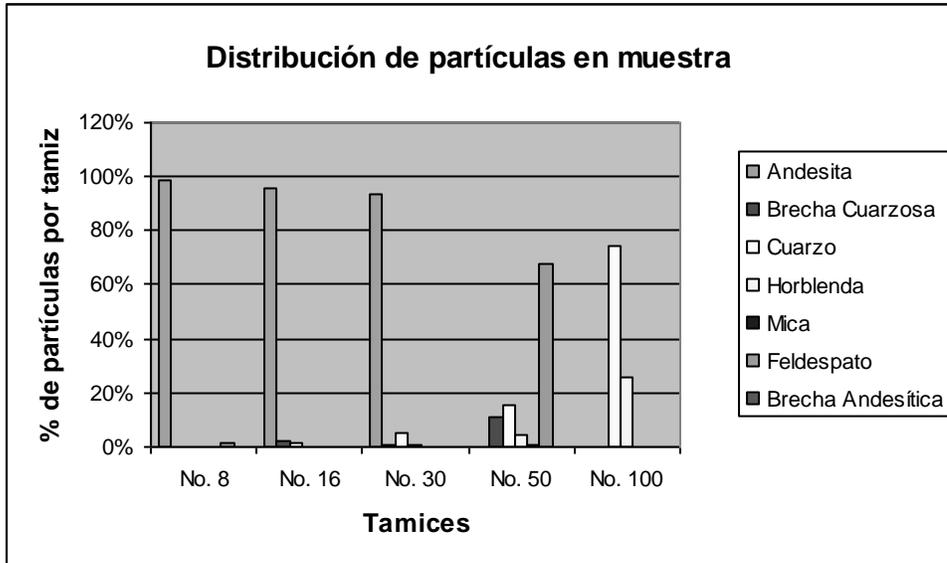
Agregados finos

Tabla XLI. **Clasificación de partículas en ensayo petrográfico**

Tipo	Porcentaje de partículas por tamiz				
	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Andesita	99%	96%	93%		0%
Brecha cuarzosa	0.00%	2%	1%	11%	0%
Cuarzo	0.00%	1%	5%	16%	74%
Horblenda	0.00%	0%	1%	4%	26%
Mica	0.00%	0%	0%	1%	0%
Feldespatos	1%	0%	0%	68%	0%
Brecha andesítica	0.00%	0%	0%	0%	0%
Totales	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: informe obtenido de la investigación en el área de petrografía.

Figura 18. **Distribución de partículas en muestra**



Fuente: informe obtenido de la investigación en el área de petrografía.

Agregados gruesos

Tabla XLII. **Clasificación de partículas en ensayo petrográfico**

Procedencia:	Río Coyolate
Presentación:	Fragmentos de roca
Tipo:	Rocas ígneas
Subtipo:	Rocas Extrusivas (volcánicas)
Color:	Gris-gris claro
Textura:	Afanítica
Estructura:	No presente
Nombre:	Andesita

Fuente: informe obtenido de la investigación en el área de petrografía.

Según los resultados obtenidos, en las tablas se puede observar que no existen materiales dañinos que puedan afectar la resistencia de los materiales en su combinación con cementos, siendo predominante la presencia de andesita la cual no afecta, por lo que el resultado del material es aceptable.

b. banco del km 130 a orilla del Río Bravo

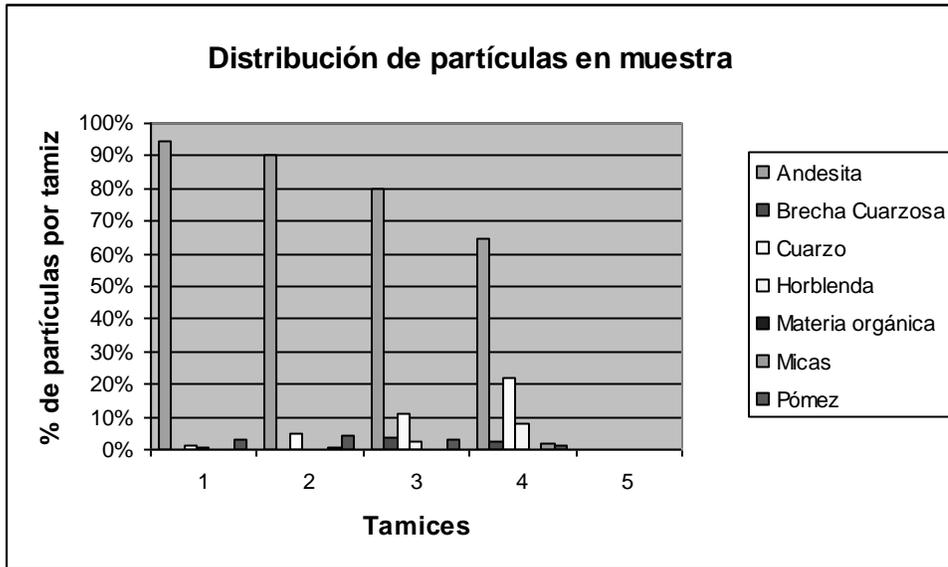
Agregados finos

Tabla XLIII. **Clasificación de partículas en ensayo petrográfico**

Tipo	Porcentaje de partículas por tamiz				
	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100
Andesita	95%	90%	80%	65%	0%
Brecha cuarzosa	0%	0%	4%	2%	0%
Cuarzo	1%	5%	11%	22%	0%
Horblenda	1%	0%	2%	8%	0%
Materia orgánica	0%	0%	0%	0%	0%
Micas	0%	1%		2%	0%
Pómez	3%	4%	3%	1%	0%
Totales	100%	100%	100%	100%	0%

Fuente: informe obtenido de la investigación en el área de petrografía.

Figura 19. **Distribución de partículas en muestra**



Fuente: informe obtenido de la investigación en el área de petrografía.

Agregados gruesos

Tabla XLIV. **Clasificación de partículas en ensayo petrográfico**

Procedencia:	Río Bravo
Presentación:	Fragmentos de roca
Tipo:	Rocas ígneas
Subtipo:	Rocas extrusivas (volcánicas)
Color:	Gris-gris oscuro
Textura:	Porfirítica
Estructura:	Vesicular
Nombre:	Andesítica porfirítica

Fuente: informe obtenido de la investigación en el área de petrografía.

Según los resultados obtenidos en las tablas se puede observar que no existen materiales dañinos que puedan afectar la resistencia de los materiales en su combinación con cementos, siendo predominante la presencia de andesita la cual no afecta, por lo que el resultado del material es aceptable.

5.1.13. Ensayo de propiedades químicas, (ASTM C227 – 03. Método de prueba estándar para la reactividad potencial alcalina de combinaciones cemento-agregados (Método barra mortero))

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

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

Factibilidad de aplicación

Esta norma sólo puede ser usada para la reacción álcali-sílice y es complementaria a la de reactividad potencial por el método químico y el análisis petrográfico, posee la ventaja de medir físicamente las expansiones producidas

por las reacciones químicas, condición que ninguno de los otros dos ensayos logra para este tipo de reacción. Este ensayo es idóneo para una cantera que aún está en fase de estudios, previos a la explotación, y tiene potencial para producir por muchos años, ya que su realización toma largo tiempo, desde un mínimo de un año para tener suficiente información, hasta varios años después si se desea. Por otro lado, si se requiere información sobre agregados que ya han sido usados, el análisis petrográfico brinda información rápida aunque no cuantitativa de los daños que pueden causar los minerales dañinos.

Si bien, el método de la barra de mortero puede dar una buena idea sobre reactividad en los primeros años de un concreto, no permite establecer qué sucederá varias décadas después de su elaboración.

Resultados obtenidos

Debido a que éste ensayo es demasiado prolongado, se procedió a la determinación de la reacción química, por medio de la solución proporcionada en laboratorio para determinar si existen carbonatos que puedan afectar en forma directa la adherencia del cemento con los materiales; por lo cual, se presentan las siguientes fotografías donde se observa que sí existe adherencia en las mismas, dentro de los cilindros realizados.

Aplicación de químico para verificación de adherencia de cemento a los materiales agregados procedentes de la planta ubicada a orilla del río Bravo, Suchitepéquez, km 130.

Figura 20. **Fotografía de la comprobación de adherencia del cemento a la mezcla completa de concreto**



Fuente: ensayos realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Aplicación de químico, para verificación de adherencia de cemento a los materiales agregados, procedentes de la trituradora en el río Coyolate, km 107.

Figura 21. **Comprobación de adherencia del cemento a la mezcla completa de concreto**



Fuente: ensayos realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

5.1.14. Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448, enlista los trece números de tamaño de la ASTM C 33

Esta clasificación define el tamaño total de las denominaciones y los rangos en los análisis mecánico para los tamaños estándar de agregado grueso, y proyecciones para el uso en la construcción y mantenimiento de diversos tipos de carreteras y puentes.

En cuanto a los tamaños de tamiz y el tamaño de agregado, según lo determinado por el uso de tamices de prueba, los valores en unidades pulgada-libra se muestran para la comodidad del usuario. Sin embargo, la designación del tamiz estándar se muestra entre paréntesis, es el valor estándar como se indica en la especificación E11.

Importancia y uso

Documento de contrato, puede especificar algunos de estos tamaños de agregados para usos específicos o puede sugerir una o más de estos tamaños, adecuados para la preparación de diversas mezclas de productos finales. En algunos casos, más cerca de los límites de la variabilidad de la clasificación global puede ser requerida.

Fabricación

La norma se apodera de agregado, se describe en esta clasificación. Puede ser fabricado por medio de cualquier procedimiento adecuado a la materia prima utilizada por separado en los rangos de tamaño deseado. Los tamaños estándar también pueden ser producidos mediante la mezcla de dos o más componentes distintos.

Los de tamaño estándar

Los tamaños estándar de agregado grueso deberán cumplir con los tamaños indicados en la tabla I. Todos los tamaños se determinarán por medio de tamices de laboratorio con aberturas cuadradas y conforme a la especificación E 11.

Bases de la clasificación

La clasificación está basada en los rangos de números de tamaño y el tamaño de muestra en el cuadro 1, con el total de la muestra de acuerdo con la D75, y la práctica de la prueba de clasificación por el método C 136.

De acuerdo a los resultados se pueden señalar que los materiales sí cumplen, citando para ello los comentarios de resultados de los incisos 5.1.4 y 5.1.6, y del inciso del presente capítulo, el cual indica los comentarios y resultados encontrados.

5.1.15. Ensayos de partículas planas y alargadas, en los agregados gruesos (ASTM D4791-05e1). Método de prueba estándar para piso partículas, partícula alargada, plana y alargada, o partículas en el agregado grueso

El porcentaje de partículas planas (relación de ancho a espesor mayor de 3), y de partículas alargadas (relación de largo a ancho mayor de 3), o alternativamente, el porcentaje de partículas planas y alargadas (largo a espesor mayor de 3), según se establezca en las disposiciones especiales, no debe sobrepasar de 15% en masa.

a. Banco del km 107 a orilla del río Coyolate

Tabla XLV. **Resultados del análisis de partículas friables**

Tamiz Retenido Graduación por fracción	PARTICULAS		CANTIDAD		PESO (gramos)			% Numero			% POR PESO			% POR PESO REFERIDO A GRADUACION		
	Cantidad	Peso (gr.)	Planas	No planas ni alargadas	Planas	Alargadas	No planas ni alargadas	Planas	Alargadas	No planas ni alargadas	Planas	Alargadas	No planas ni alargadas	Planas	Alargadas	No planas ni alargadas
1"	0.33	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3/4"	5.91	1235.00	4.0	96.00	31.8	0.00	1203.20	4.00	0.00	96.00	2.57	0.00	97.43	0.152	0.000	5.761
1/2"	37.16	670.00	1.00	98.00	4.60	6.50	658.90	1.00	1.00	98.00	0.69	0.97	98.34	0.255	0.360	36.543
3/8"	20.60	168.80	7.00	93.00	8.00	0.00	160.80	7.00	0.00	93.00	4.74	0.00	95.26	0.976	0.000	19.622
No. 4	30.07	904.00	3.00	93.00	1.20	2.90	899.90	3.00	4.00	93.00	0.13	0.32	99.55	0.040	0.096	29.936
Fondo	5.93	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	100.00	400.00	2977.80											1.423	0.457	91.861

II. OBSERVACIONES:

- 2.1. Muestra proporcionada por el interesado
- 2.2. La relación aplicada es 1:3 en base a especificaciones generales.
- 2.3. Procedencia de Material: Río Coyolate

Fuente: informe entregado por el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

El resultado de la tabla indica que el porcentaje es menor del 15% de contenido de partículas larga y aplanadas, siendo el indicador de que el material esta dentro de los parámetros establecidos, por lo que no afectará fuera de medida la resistencia de las mezclas con cementos, siendo aceptable.

b. Banco del km 130 a orilla del Río Bravo

Tabla XLVI. **Resultados del análisis de partículas friables**

I. RESULTADOS:																		
Tamiz Retenido	Graduación por fracción	PARTICULAS		CANTIDAD			PESO (gramos)			% Numero			% POR PESO			% POR PESO REFERIDO A GRADUACION		
		Cantidad	Peso (gr.)	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas
1"	9.41	100.0	2738.8	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	2738.80	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000	0.000	9.411
3/4"	33.07	100.00	1422.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	1422.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00	0.000	0.000	33.070
1/2"	44.04	100.00	581.30	1.00	0.00	99.00	2.50	0.00	578.80	1.00	0.00	99.00	0.43	0.00	99.57	0.189	0.000	43.849
3/8"	6.77	100.00	209.80	1.00	0.00	99.00	1.20	0.00	208.60	1.00	0.00	99.00	0.57	0.00	99.43	0.039	0.000	6.733
No. 4	0.97	100.00	66.70	2.00	0.00	98.00	0.60	0.00	66.10	2.00	0.00	98.00	0.90	0.00	99.10	0.009	0.000	0.960
Fondo	5.74	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Total	100.00	500.00	5018.60													0.237	0.000	94.023

II. OBSERVACIONES:

2.1. Muestra proporcionada por el interesado

2.2. La relación aplicada es 1:3 en base a especificaciones generales.

Fuente: informe entregado por el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

El resultado de la tabla indica que el porcentaje es menor del 15% de contenido de partículas larga y aplanadas, siendo el indicador de que el material esta dentro de los parámetros establecidos, por lo que no afectará fuera de medida la resistencia de las mezclas con cementos, siendo aceptable.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Documento donde se describe las diferentes características de los agregados analizados, y sus cuadros comparativos de los análisis realizados, donde se aplicarán los ensayos descritos en las normas ASTM para determinar si cumplen o no los bancos de materiales en estudio

El siguiente cuadro muestra el análisis y comparación de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados para cada norma propuesta anteriormente.

Tabla XLVII. Comparación de resultados de los ensayos más importantes realizados

Norma ASTM aplicada	Otras consultas de apoyo	km 107		km 130		Observaciones
		fino	grueso	fino	Grueso	
C 127 C 128		S	S	S	S	Se pudo observar que el porcentaje de absorción con el porcentaje de vacíos si fue proporcional en comparación con el porcentaje de absorción, lo que indica que el material en combinación con cementos no se verá afectado por los mismos.
C 117		N	NA	N	NA	El porcentaje que se encontró en los dos bancos pasados por el tamiz 200 y teniendo en consideración que se trata de arena más polvo de roca triturada, están por encima del límite permisible que es del 7%, de lo que se debe tener en cuenta que los mismos afectarán la resistencia del concreto ya fraguado al mezclarse con cementos.

Continuación tabla LXVII.

C 136		S	S	S	S	La interpretación de los resultados se puede observar en las gráficas de la figura 9, 10, 11 y 12, donde se puede observar que, se encuentran dentro de los límites aceptables, haciendo la observación de que se debe mejorar la graduación de los agregados finos (gráfica 11), encontrados en el Río Bravo, para que estén dentro de los límites aceptables.
C 29		S	S	S	S	La norma ASTM C29, que se refiere al porcentaje de vacíos especifica que el agregado grueso debe encontrarse aproximadamente entre un 30% y un 45%, el informe de la muestra indica un porcentaje de: 37,92 y 44,10 de los agregados del Río Bravo y 37,07 y 43,93 del río Coyolate, los cuales están dentro del rango de aceptación.
C 33		S	S	S	S	Banco de río Coyolate: De la gráfica (figura 9) como se mencionó anteriormente, se puede observar que solo el tamiz 100 queda un poco fuera de la misma, siendo también importante que no sobrepasa el 45% del total del material, lo que indica que se encuentra dentro de los límites aceptables. De la gráfica (figura 10), se mencionó anteriormente podemos observar que la granulometría del material se encuentra dentro de los rangos, por lo que es aceptable. Banco de Río Bravo: De la gráfica (figura 11), como se mencionó anteriormente se puede observar que solo el tamiz 4 y 3/8" quedan fuera de la misma, siendo también importante que no sobrepasan el 45% de el total del material, lo que indica que se encuentra dentro de los límites aceptables. De la gráfica (figura 12), anterior, se puede observar que la granulometría del material se encuentra en rangos aceptables.
C 40		S	S	S	S	Banco de río Coyolate: En los datos obtenidos después de la prueba con la solución mencionada, los resultados obtenidos, según el colorímetro de laboratorio, ésta muestra se encuentra dentro de la escala permisible. (Nivel 2).

Continuación tabla LXVII.

					<p>Banco de Río Bravo: Según los datos obtenidos después de la prueba con la solución antes mencionada, los resultados obtenidos según el colorímetro de laboratorio, ésta muestra se encuentra fuera de la escala permisible, ya que quedó en el número 3 del colorímetro, registrando demasiada materia orgánica, la cual es perjudicial para las mezclas de concreto.</p>	
C 88		S	NA	N	NA	<p>Banco del río Coyolate: Como puede observarse en la tabla anterior, el material fino si es susceptible a desintegración debido a que sobrepasa el porcentaje permisible del 12%, estando expuesto a desgaste de sulfatos del medio ambiente, de lo que se debe considerar siempre su utilización en la construcción. Como se puede observar en la tabla anterior, el material grueso de este banco se encuentra dentro de los parámetros permisibles, por lo que sí es recomendable para uso en construcción.</p> <p>Banco de Río Bravo: Como puede observarse en la tabla anterior, el material fino si es susceptible a desintegración debido a que sobrepasa el porcentaje permisible, estando expuesto a desgaste de sulfatos del medio ambiente, de lo que se debe considerar siempre su utilización en la construcción. Como se puede observar en la tabla anterior, el material grueso de este banco se encuentra dentro de los parámetros permisibles, por lo que sí es recomendable para uso en construcción.</p>
C 131		NA	S	NA	S	<p>Banco del río Coyolate: De los resultados anteriores se puede deducir que el material de la planta mencionada sí cumple con los requisitos, debido a que se encuentra muy por debajo de los límites requeridos de desgaste por abrasión, siendo muy aceptable, su porcentaje de desgaste, tanto para uso en pavimentos hidráulicos como también con asfaltos.</p>

Continuación tabla LXVII.

						<p>Banco de Río Bravo: De acuerdo a los resultados obtenidos de la planta en mención, se puede decir que su porcentaje de desgaste por abrasión se encuentra fuera del límite permisible, de lo que no es recomendable para su uso en obras de tránsito, debido a que como se observa presentaría una menor vida útil de la misma.</p>
C 142		NA	N	NA	N	<p>Banco de río Coyolate: De acuerdo a los límites establecidos el porcentaje encontrado de partículas friables o suaves, sobrepasa el porcentaje de 5% aceptable, por lo que se considera que la muestra no es aceptable.</p> <p>Banco de Río Bravo: De acuerdo a los límites establecidos, el porcentaje encontrado de partículas friables o suaves, sobrepasa el porcentaje de 5% aceptable, por lo que se considera que la muestra no es aceptable.</p>
C 289		S	S	S	S	<p>Banco de río Coyolate: De acuerdo a los resultados obtenidos, el material es inocuo, lo que indica que no presenta materiales dañinos para aplicarse en una mezcla de concreto, y que está por encima del 15% de pérdida total, por lo cual se establece que es aceptable.</p> <p>Banco de Río Bravo: De acuerdo a los resultados obtenidos, el material es inocuo, lo que indica que no presenta materiales dañinos para aplicarse en una mezcla de concreto, y que está por encima del 15% de pérdida total, por lo cual se establece que es aceptable.</p>
C 295		S	S	S	S	<p>Banco de río Coyolate: Según los resultados obtenidos en las tablas se puede observar que no existen materiales dañinos que puedan afectar la resistencia de los materiales en su combinación con cementos, siendo predominante la presencia de andesita, la cual no afecta, por lo que el resultado del material es aceptable.</p>

Continuación tabla LXVII.

						Banco de Río Bravo: Según los resultados obtenidos en las tablas se puede observar que no existen materiales dañinos que puedan afectar la resistencia de los materiales en su combinación con cementos, siendo predominante la presencia de andesita, la cual no afecta, por lo que el resultado del material es aceptable.
C 227		S	S	S	S	El resultado es aceptable para los dos bancos en estudio, de acuerdo a método alterno, debido al requerimiento de la norma que necesita de por lo menos un año para su verificación.
D 448		S	S	S	S	De acuerdo a los resultados se pueden señalar que los materiales sí cumplen, citando para ello los comentarios de resultados de los incisos 5.1.4 y 5.1.6, y del inciso del presente capítulo, el cual indica los comentarios y resultados encontrados.
C 4791		S	S	S	S	Banco de río Coyolate: El resultado indica que el porcentaje es menor del 15% de contenido de partículas larga y aplanadas, siendo el indicador de que el material esta dentro de los parámetros establecidos, por lo que se indica que no afectará fuera de medida la resistencia de las mezclas con cementos, por lo que es aceptable. Banco de río Bravo: El resultado indica que el porcentaje es menor del 15% de contenido de partículas larga y aplanadas, siendo el indicador de que el material esta dentro de los parámetros establecidos, por lo que se indica que no afectará fuera de medida la resistencia de las mezclas con cementos, por lo que es aceptable. o

N No cumple con los requisitos de norma.

S Si cumple con los requisitos de norma.

NA No aplicó al agregado en mención

Fuente: elaboración propia.

6.2. Variabilidad de los agregados de acuerdo a los bancos en estudio

Las variables a tomar en cuenta, para cada banco en estudio, se realizaron de acuerdo a la ubicación donde se encuentran localizadas.

6.2.1. Planta ubicada en la CA-2, occidente, km 130, carretera a Tiquisate

Dentro de las características más importantes que pueden mencionar y que pueden afectar el resultado de los agregados obtenidos al final del proceso son los siguientes:

- a. El índice de abrasión que se realizó por medio de la máquina de Los Ángeles, indica que existe el riesgo de que disminuya la vida útil de la obra si es destinada a obras con tránsito.
- b. Para construcción de obras habitacionales cumple con los requisitos establecidos.
- c. Los resultados obtenidos en el estudio de contenido de materia orgánica indica que se encuentra fuera del límite establecido por las normas ASTM, debido a que muestra una alta concentración de los mismos, lo cual afectará directamente la resistencia del concreto.

6.2.1.1. Efecto de otras características

- a. La acumulación de sulfatos por la irrigación de fertilizantes en las siembras, que se sitúan a orillas de los ríos en estudio.

- b. La acumulación de sedimentos y materia orgánica en los bancos, que puede causar el río en tiempo de invierno.

6.2.2. Planta ubicada en la CA-2, km 107

Dentro de las características más importantes se pueden mencionar y que pueden afectar el resultado de los agregados obtenidos al final del proceso, son los siguientes.

La resistencia a la abrasión obtenida muestra muy buena calidad de los mismos, siendo ésta excelente para la construcción de obras con tránsito.

6.2.2.1. Efecto de otras características

- a. La acumulación de sulfatos por la irrigación de fertilizantes en las siembras, que se sitúan a orillas de los ríos en estudio.
- b. La acumulación de sedimentos y materias orgánicas en los bancos, que puede causar el río en tiempo de invierno.

6.2.3. Análisis de mezclas de concreto

Se inició con la mezcla de concreto teórica, indicada en los incisos 6.1.3.1. y 6.1.3.2. Donde se realizó la prueba de asentamiento para cumplir con los requisitos de la norma. Los ensayos se realizaron a los 3, 7 y 21 días, de donde se muestra a continuación.

Figura 22. **Fotografía de preparación de los cilindros de concreto para su posterior ensayo**



Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 23. **Fotografía de ensayo de los cilindros en el centro de Investigaciones de ingeniería**



Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Figura 24. **Fotografía de ensayo de cilindro con falla a su carga máxima**



Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

6.2.3.1. Planta ubicada en la CA-2, occidente, km 130, carretera a Tiquisate

El procedimiento realizado para el análisis y ensayo de las mezclas de concreto del banco en mención:

Tabla XLVIII. **Diseño teórico de mezcla del banco en estudio en planta ubicada en km 130, carretera CA-2**

1. GENERALIDADES
 1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregado fino y grueso, proveniente del Río Bravo, 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. – 1230/2009
 2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 1231/2009

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	2,29	63,49	782,42
PIEDRIN / GRAVA	3,16	103,56	1080,48
AGUA LIBRE	0,57	24,23	195,00

4. RECOMENDACIONES
 4.1 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.

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla XLIX. Resultado de la resistencia de cilindros a los 3, 7 y 21 días, en planta ubicada en km 130, carretera CA-2

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/pulg ²
1	46-03	15/02/2010	3	Control de calidad	12,910	15,133	47,500	119,79	1703,74
2	47-03	15/02/2010	3	Control de calidad	12,918	15,100	48,000	121,58	1729,28
3	48-03	15/02/2010	3	Control de calidad	12,810	15,167	45,500	114,24	1624,83
4	49-03	15/02/2010	7	Control de calidad	12,897	15,147	64,000	161,11	2281,52
5	50-03	15/02/2010	7	Control de calidad	12,815	15,017	64,900	166,22	2364,15
6	51-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12,915	15,110	67,500	170,75	2428,59
7	52-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12,869	15,237	92,500	230,11	3272,85
8	53-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12,960	15,217	98,000	244,44	3476,68
9	54-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12,888	15,223	92,500	230,52	3278,69

OBSERVACIONES : a) Agregado de Banco Rio Bravo
b) El interesado proporciono el material para la mezcla.
c) El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 8 cm.
d) Diseño teorico de acuerdo al informe S.C.-74
e) Modificación de agua: Cantidad Original 195 lts/m³ a 243,39 lts/m³

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Las resistencias de los cilindros ensayados alcanzaron a la edad de 3 días un 46,44% de la resistencia requerida, un 69,41% a los 7 días y un 93,71% a los 28 días, demostrando con ello una deficiencia en la resistencia nominal requerida para el diseño de mezcla. La causa de estos resultados puede deberse a una excesiva cantidad de aire incorporado, que reduce la resistencia nominal requerida. Para su corrección se necesita mejorar la granulometría de los agregados finos, a fin de reducir el porcentaje de gruesos contenidos en las muestras.

6.2.3.2. Planta ubicada en la CA-2, km 107

El procedimiento realizado para el análisis y ensayo, de las mezclas de concreto del banco en mención fue:

Tabla L. **Diseño teórico de mezcla del banco en estudio en planta ubicada en km 107, carretera CA-2**

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregado fino y grueso, proveniente del Río Coyolate, 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. – 1091/2009

2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 1092/2009

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	350,88
ARENA	2,32	64,66	813,61
PIEDRIN / GRAVA	2,95	90,58	1035,51
AGUA LIBRE	0,57	24,23	200,00

4. RECOMENDACIONES

4.1 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 CI/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.

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Tabla LI. Resultado de la resistencia de cilindros a los 3, 7 y 21 días, en planta ubicada en km 107, carretera CA-2

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/pulg ²
1	55-03	16/02/2010	3	Control de calidad	12.575	15.080	47,500	120.83	1715.81
2	56-03	16/02/2010	3	Control de calidad	12.488	15.177	47,000	117.85	1676.19
3	57-03	16/02/2010	3	Control de calidad	12.525	15.070	47,500	120.79	1718.09
4	58-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12.545	15.173	67,500	189.33	2408.35
5	59-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12.535	15.027	67,500	172.65	2455.59
6	60-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12.767	15.313	62,500	153.93	2189.37
7	61-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12.59	15.197	100,000	250.08	3556.98
8	62-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12.517	15.073	100,500	255.46	3633.50
9	63-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12.564	15.157	100,200	251.91	3582.93

OBSERVACIONES:

- a) Agregado de Banco Rio Coyolate
- b) El interesado proporciono el material para la mezcla.
- c) El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 8 cm.
- d) Diseño teorico de acuerdo al informe S.C.-75
- e) Proporción corregida en campo: 1 : 1.98 : 2.36 : 0.64

Fuente: informe del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Las resistencias de los cilindros ensayados alcanzaron a la edad de 3 días un 49,10% de la resistencia requerida; un 62,57% a los 7 días y un 102,40% a los 28 días, demostrando con ello una eficiencia por arriba de la resistencia nominal requerida para el diseño de mezcla. Esto indica que se tiene una excelente granulometría y que el material indica un menor porcentaje de contenido de vacíos en la mezcla, siendo un excelente material para la construcción.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos sobre las características de los materiales agregados de los dos bancos en estudio, se determina que:

Las muestra de agregados finos y gruesos, obtenidas de la trituradora que se encuentra a orilla del río Coyolate, sí cumple con todas las especificaciones y requerimientos de las normas que se aplicaron y haciendo análisis del estudio se puede observar en forma más resumida su aceptación en el uso de obras de construcción.

Las muestra de agregados finos y gruesos, obtenidas de la trituradora que se encuentra a orilla del río Bravo, cumple con un 80% de los ensayos aplicados (total de 15 normas), todas las especificaciones y requerimientos de las normas que se aplicaron y haciendo mención de los cuadros de resultados, donde se pueden observar dos factores que la afectan, del cual el primero, es la cantidad de materia orgánica fuera del límite permisible, la cantidad de partículas friables (suaves), el desgaste por abrasión se encuentra por encima del límite aceptable. De lo anterior se observa que fue afectada la resistencia en los ensayos de mezcla de concreto en un porcentaje.

2. De acuerdo a la clasificación de las características de los materiales en estudio y al realizar un examen visual de las zonas de extracción y ya obtenidos los resultados en la investigación, a juicio los principales ensayos de aplicación para éstos bancos tanto en el aspecto, físico, mecánico, químico y mineralógico, y en un grado de aplicación práctica son: C33 granulometría; C131, desgaste por abrasión; C295, análisis petrográfico; C289, análisis con sulfato de sodio y materia orgánica,

La granulometría, como parte esencial para sus usos en diferentes tipos de diseño de mezcla; su análisis de desgaste, para comprobar que sí resistirán para uso de obras que estén expuestas a desgastes como vías comunicación; el análisis petrográfico, como parte esencial para que no existan materiales que afecten la adherencia y la resistencia con los cementos; el examen de sulfatos, para que no existan fallas por resquebrajamiento en obra y así fallo de la estructura al transcurrir el tiempo; y la existencia de materia orgánica, pues según la observación se puede decir, que los materiales son extraídos de ríos y existe siempre el de arrastre de desechos por parte de los mismos, dependiendo de las actividades que se realicen a orillas por parte de empresas y/o poblaciones.

3. Describiendo los materiales encontrados y, según los resultados y gráficas obtenidos en la investigación, se concluye que los materiales analizados de acuerdo a la norma, están formados:

El resultado de la planta a orilla del río Coyolate, km 107, contiene un alto grado de andesita, lo cual es predominante y se hace referencia a los resultados que muestran al material agregado como inocuo o aceptable en su combinación con cementos.

El resultado de planta a orilla del río Bravo, km 130, contiene un alto grado de andesita, lo cual es predominante y se hace referencia a los resultados que demuestran al material como inocuo o aceptable, para su combinación con cementos.

La baja resistencia al desgaste por abrasión y la potencial reactividad álcali-sílice observadas, en el agregado de Escuintla, son consecuencia directa de la composición mineralógica, en un alto porcentaje andesita muy poco meteorizada con diverso grado de vacíos visibles. Este tipo de roca, es susceptible de rotura por impacto de los fenocristales de plagioclasa constituyentes de la misma.

RECOMENDACIONES

1. Realizar en forma constante pruebas de materia orgánica en diferentes fechas, en los dos puntos de extracción, para verificar si la cantidad de caudal pueden afectar el contenido de lo mismo en los resultados, por la concentración, al existir menor cantidad de agua.
2. Realizar en forma constante pruebas de contenidos químicos en diferentes fechas, en los dos puntos de extracción, para verificar si la cantidad de caudal pueden afectar el contenido de los mismos, en los resultados, debido a los procesos agroindustriales y agrícolas, aledaños y antes de la extracción de los materiales.
3. Apoyar el conocimiento y aplicación de dichas normas, para que no solo se garantice la calidad de los agregados, sino también el uso de materiales que cumplan con los requerimientos para generar obras durables y que resguarden la seguridad, recordando que el país es un territorio sísmico.
4. Si al realizar el muestreo en varias etapas de tiempo, no disminuye la cantidad de finos, se sugiere el lavado de los materiales para corregir los problemas de material fino que se presentaron en los resultados.

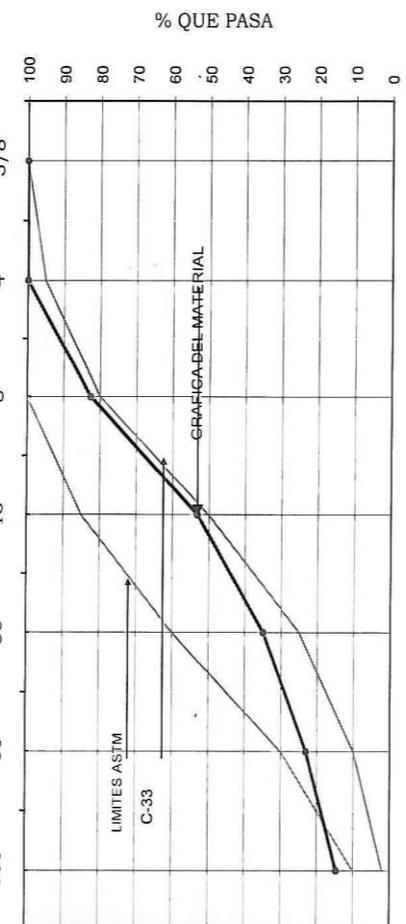
BIBLIOGRAFÍA

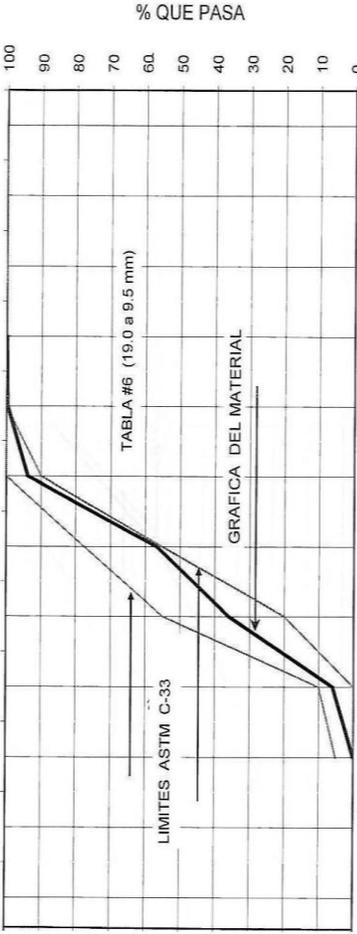
1. ASTM. *Book of standards Standard Specification for concrete aggregates.* USA, ASTM 33-01 vol. 04.02, 2002.
2. BELTRANENA M., Emili. *Control de calidad de materiales de construcción.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2000. 220 p.
3. ECUTÉ BANTES, Francisco Javier. *Evaluación y variabilidad de las propiedades de los agregados de dos plantas, una en Escuintla y la otra en Tecún Umán.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 63 p.
4. GARCÍA MAKEPEACE, Ana Lucrecia. *Evaluación de calidad de los agregados en el departamento de Huehuetenango, para su utilización en la producción de concreto.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 89 p.
5. MENDOZA CAMEY, Víctor Gabriel Rolando. *Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en el Departamento de Totonicapán.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 114 p.
6. Normas ASTM [en línea] disponible en web: www.astm.org [Consulta: 15 de agosto de 2010].

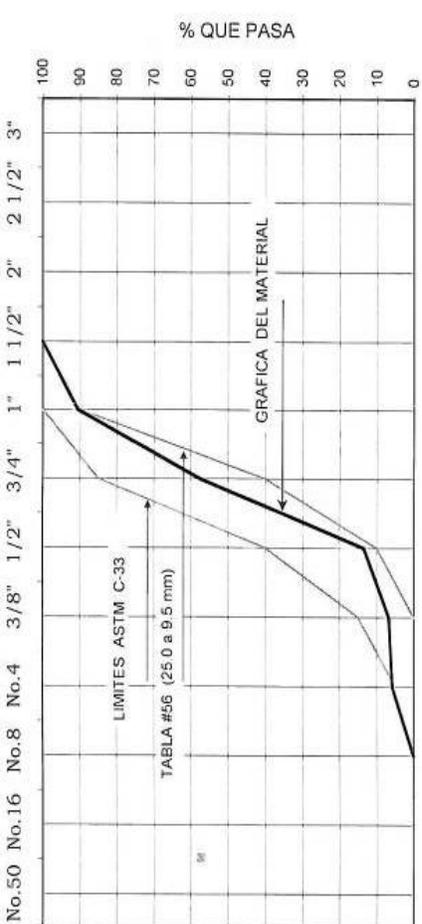
7. PALACIOS SAMAYOA, Francisco Estuardo. *Guía para localización de bancos de agregados para concreto y materiales para carretera, en la República de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1980. 119 p.
8. SALGUERO GIRÓN, Raúl Armando. *Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 68 p.
9. SIERRA LEMUS, Diana Carolina. *Sustancias reactivas nocivas en los agregados para concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 115 p.
10. VILLEGAS CANCINOS, Dionisio. *Normas para la descripción y examen petrográfico de los componentes minerales de los agregados para el concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1992. 29 p.

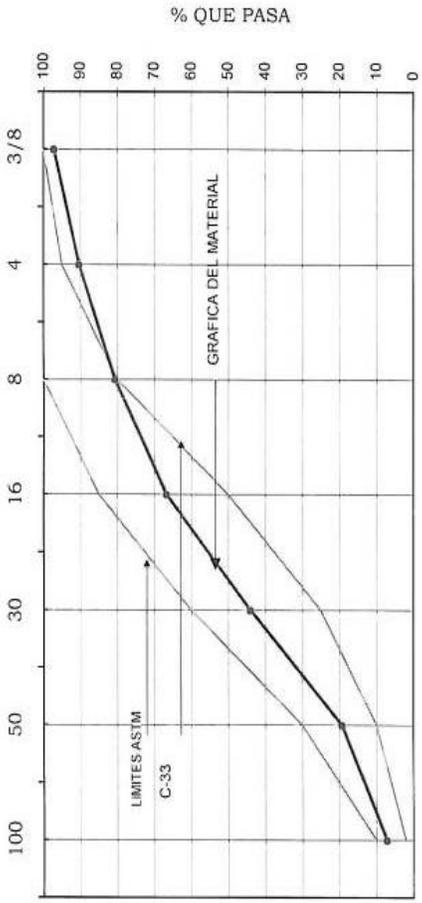
ANEXOS

ANEXO 1

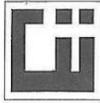
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	<p>INFORME No. SC-1091</p> <p>PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización y análisis de la calidad de materiales, agregados extraídos por las trituradoras ubicadas en: Carre. CA-2 occid. Km. 130 Ubicada a la Orilla del Río Bravo, 2da ubicada CA-2 Km. 107"</p> <p>MUESTRA: Agregado Fino</p> <p>FECHA: 13/10/2009</p> <p>O.T. No. 25530</p> <p>LAB.: Concretos</p>																																		
<p>AGREGADO FINO PARA CONCRETO</p> <p>INTERESADO: Rene Abigail Rivera Pedroza Carnet No. 94-16463</p>	<p>INFORME No. SC-1091</p> <p>PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización y análisis de la calidad de materiales, agregados extraídos por las trituradoras ubicadas en: Carre. CA-2 occid. Km. 130 Ubicada a la Orilla del Río Bravo, 2da ubicada CA-2 Km. 107"</p>	<p>MUESTRA: Agregado Fino</p> <p>FECHA: 13/10/2009</p> <p>O.T. No. 25530</p> <p>LAB.: Concretos</p>																																		
<p>CARACTERISTICAS FISICAS:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso Especifico</td><td style="text-align: right;">2.67</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1655.53</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1524.91</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacíos</td><td style="text-align: right;">37.92</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción</td><td style="text-align: right;">1.38</td></tr> <tr><td>Contenido de Materia Orgánica</td><td style="text-align: right;">1.00</td></tr> <tr><td>% Retenido en Tamiz 6.35</td><td style="text-align: right;">0.00</td></tr> <tr><td>% que pasa Tamiz 200</td><td style="text-align: right;">12.92</td></tr> <tr><td>Modulo de Finura</td><td style="text-align: right;">2.92</td></tr> </table>	Peso Especifico	2.67	Peso Unitario (kg/m ³)	1655.53	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1524.91	Porcentaje de Vacíos	37.92	Porcentaje de Absorción	1.38	Contenido de Materia Orgánica	1.00	% Retenido en Tamiz 6.35	0.00	% que pasa Tamiz 200	12.92	Modulo de Finura	2.92	 <p style="text-align: center;">% QUE PASA</p> <p style="text-align: center;">Tamaño en Milímetros</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td style="text-align: right;">9.40</td> <td style="text-align: right;">4.76</td> <td style="text-align: right;">2.38</td> <td style="text-align: right;">1.19</td> <td style="text-align: right;">0.59</td> <td style="text-align: right;">0.29</td> <td style="text-align: right;">0.15</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td style="text-align: right;">100.00</td> <td style="text-align: right;">99.88</td> <td style="text-align: right;">82.52</td> <td style="text-align: right;">53.02</td> <td style="text-align: right;">34.90</td> <td style="text-align: right;">23.02</td> <td style="text-align: right;">14.58</td> </tr> </table>	Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15	% Que pasa	100.00	99.88	82.52	53.02	34.90	23.02	14.58
Peso Especifico	2.67																																			
Peso Unitario (kg/m ³)	1655.53																																			
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1524.91																																			
Porcentaje de Vacíos	37.92																																			
Porcentaje de Absorción	1.38																																			
Contenido de Materia Orgánica	1.00																																			
% Retenido en Tamiz 6.35	0.00																																			
% que pasa Tamiz 200	12.92																																			
Modulo de Finura	2.92																																			
Tamiz No.	9.40	4.76	2.38	1.19	0.59	0.29	0.15																													
% Que pasa	100.00	99.88	82.52	53.02	34.90	23.02	14.58																													
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>a) Muestra proporcionada por el interesado.</p>		<p>Vo.Bo.</p> <p style="text-align: center;">  Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA- CII/USAC </p>		<p style="text-align: center;">  DIRECCION CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA - GUATEMALA </p>		<p style="text-align: center;">  SECCION CONCRETOS CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA - GUATEMALA </p>		<p>E.R.</p>																												

 <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA</p>																																															
<p>AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO</p>	<p>INFORME No.</p> <p style="text-align: center;">SC-1092</p> <p>PROYECTO:</p> <p>Trabajo de Graduación "Caracterización y análisis de la calidad de materiales, agregados extraídos por las trituradoras ubicadas en: Carre. CA-2 occid. Km. 130 ubicada orilla del Río Bravo, 2da. ubicada CA-2 Km. 107"</p>																																														
<p>INTERESADO:</p> <p>Rene Abigail Rivera Pedroza. Carnet: 94-16463</p>	<p>Muestra:</p> <p>Agregado Grueso</p> <p>Fecha: 13/10/2009</p> <p>O.T. No. 25530</p> <p style="text-align: right;">Lab. Concretos</p>																																														
<p>CARACTERISTICAS FISICAS:</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso Especifico</td><td style="text-align: right;">2.70</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1506.90</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1384.10</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacios</td><td style="text-align: right;">44.20</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción</td><td style="text-align: right;">5.82</td></tr> <tr><td>% tamiz 200</td><td style="text-align: right;">-----</td></tr> <tr><td>% Desgaste por Sulfato de Sodio</td><td style="text-align: right;">-----</td></tr> <tr><td>% Desgaste por Abrasión</td><td style="text-align: right;">-----</td></tr> <tr><td>% Partículas Planas y alargadas</td><td style="text-align: right;">-----</td></tr> </table>	Peso Especifico	2.70	Peso Unitario (kg/m ³)	1506.90	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1384.10	Porcentaje de Vacios	44.20	Porcentaje de Absorción	5.82	% tamiz 200	-----	% Desgaste por Sulfato de Sodio	-----	% Desgaste por Abrasión	-----	% Partículas Planas y alargadas	-----	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>No.50</td><td>No.16</td><td>No. 8</td><td>No.4</td><td>3/8"</td><td>1/2"</td><td>3/4"</td><td>1"</td><td>1 1/2"</td><td>2"</td><td>2 1/2"</td><td>3"</td> </tr> </table>  <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Tamiz No.</td><td>1"</td><td>3/4"</td><td>1/2"</td><td>3/8"</td><td>No.4</td><td>No.8</td><td>No.16</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td><td>99.67</td><td>93.76</td><td>56.60</td><td>36.00</td><td>5.93</td><td>0.00</td><td>0.00</td> </tr> </table>	No.50	No.16	No. 8	No.4	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	Tamiz No.	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16	% Que pasa	99.67	93.76	56.60	36.00	5.93	0.00	0.00
Peso Especifico	2.70																																														
Peso Unitario (kg/m ³)	1506.90																																														
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1384.10																																														
Porcentaje de Vacios	44.20																																														
Porcentaje de Absorción	5.82																																														
% tamiz 200	-----																																														
% Desgaste por Sulfato de Sodio	-----																																														
% Desgaste por Abrasión	-----																																														
% Partículas Planas y alargadas	-----																																														
No.50	No.16	No. 8	No.4	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"																																				
Tamiz No.	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16																																								
% Que pasa	99.67	93.76	56.60	36.00	5.93	0.00	0.00																																								
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>*Muestra proporcionada por el interesado.</p> <p>* Banco Coyolate</p>	<p style="text-align: center;">Vo.Bo.</p> <p style="text-align: center;">Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC</p> <p style="text-align: center;">Inga. Dilpa Janet Mejicanos Jol Jefa Sección Concretos</p>																																														

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO	<p>INFORME No. S.C. - 1231</p> <p>PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización y análisis de la calidad de materiales, agregados extraídos por las trituradoras ubicadas en Carretera CA-2 occidente"</p> <p>Muestra: Agregado Grueso Fecha: 17/11/2009</p> <p>O.T. No. 25690 Lab. Concretos</p>																				
INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Camé No. 94-16463		<p>CARACTERISTICAS FISICAS:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso Especifico</td><td style="text-align: right;">2,62</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1413,00</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1296,86</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacios</td><td style="text-align: right;">46,00</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorcion</td><td style="text-align: right;">2,39</td></tr> <tr><td>% Tamiz 200</td><td style="text-align: center;">-----</td></tr> <tr><td>% Desgaste por Sulfato de Sodio</td><td style="text-align: center;">-----</td></tr> <tr><td>% Desgaste por Abrasión</td><td style="text-align: center;">-----</td></tr> <tr><td>% Particulas Planas y alargadas</td><td style="text-align: center;">-----</td></tr> <tr><td>% Particulas Livianas</td><td style="text-align: center;">-----</td></tr> </table>		Peso Especifico	2,62	Peso Unitario (kg/m ³)	1413,00	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1296,86	Porcentaje de Vacios	46,00	Porcentaje de Absorcion	2,39	% Tamiz 200	-----	% Desgaste por Sulfato de Sodio	-----	% Desgaste por Abrasión	-----	% Particulas Planas y alargadas	-----	% Particulas Livianas	-----
Peso Especifico	2,62																						
Peso Unitario (kg/m ³)	1413,00																						
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1296,86																						
Porcentaje de Vacios	46,00																						
Porcentaje de Absorcion	2,39																						
% Tamiz 200	-----																						
% Desgaste por Sulfato de Sodio	-----																						
% Desgaste por Abrasión	-----																						
% Particulas Planas y alargadas	-----																						
% Particulas Livianas	-----																						
		<p>GRAFICA DEL MATERIAL</p> 																					
		<p>OBSERVACIONES:</p> <p>a) Muestra proporcionada por el interesado.</p> <p>b) Muestra extraída de Río Bravo Km. 130</p>																					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Tamiz No.</td> <td>1 1/2"</td> <td>1"</td> <td>3/4"</td> <td>1/2"</td> <td>3/8"</td> <td>No.4</td> </tr> <tr> <td>% Que pasa</td> <td>100,00</td> <td>90,59</td> <td>57,52</td> <td>13,48</td> <td>6,71</td> <td>5,74</td> </tr> </table>		Tamiz No.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	% Que pasa	100,00	90,59	57,52	13,48	6,71	5,74						
Tamiz No.	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4																	
% Que pasa	100,00	90,59	57,52	13,48	6,71	5,74																	
		<p style="text-align: right;">Vo.Bo. Ing. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC</p> <p style="text-align: right;">Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol Jefa Sección-Agregados y Concretos</p>																					

 <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA</p>	 <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA</p>																																		
<p>AGREGADO FINO PARA CONCRETO</p>	<p>PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización y análisis de la calidad de materiales, agregados extraídos por las trituradoras ubicadas en Carretera CA-2 occidente"</p>																																		
<p>INTERESADO:</p> <p>René Abigail Rivera Pedroza Carné No. 94-16463</p>	<p>INFORME No. S.C. - 1230</p>																																		
<p>MUESTRA:</p> <p>Agregado Fino</p>	<p>FECHA: 17/11/2009</p> <p>O.T. No. 25690</p> <p>LAB.: Concretos</p>																																		
<p>CARACTERISTICAS FISICAS:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Peso Especifico</td><td style="text-align: right;">2,62</td></tr> <tr><td>Peso Unitario (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1638,94</td></tr> <tr><td>Peso Unitario Suelto (kg/m³)</td><td style="text-align: right;">1532,89</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Vacios</td><td style="text-align: right;">37,56</td></tr> <tr><td>Porcentaje de Absorción</td><td style="text-align: right;">2,52</td></tr> <tr><td>Contenido de Materia Orgánica</td><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td>% Retenido en Tamiz 6.35</td><td style="text-align: right;">14,37</td></tr> <tr><td>% que pasa Tamiz 200</td><td style="text-align: right;">7,36</td></tr> <tr><td>Modulo de Finura</td><td style="text-align: right;">2,92</td></tr> </table>	Peso Especifico	2,62	Peso Unitario (kg/m ³)	1638,94	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1532,89	Porcentaje de Vacios	37,56	Porcentaje de Absorción	2,52	Contenido de Materia Orgánica	4	% Retenido en Tamiz 6.35	14,37	% que pasa Tamiz 200	7,36	Modulo de Finura	2,92	<div style="text-align: center;"> <p>% QUE PASA</p>  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <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>97,04</td> <td>90,24</td> <td>80,50</td> <td>66,60</td> <td>43,90</td> <td>19,22</td> <td>7,08</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Tamaño en Milímetros</p>	Tamiz No.	9,40	4,76	2,38	1,19	0,59	0,29	0,15	% Que pasa	97,04	90,24	80,50	66,60	43,90	19,22	7,08
Peso Especifico	2,62																																		
Peso Unitario (kg/m ³)	1638,94																																		
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1532,89																																		
Porcentaje de Vacios	37,56																																		
Porcentaje de Absorción	2,52																																		
Contenido de Materia Orgánica	4																																		
% Retenido en Tamiz 6.35	14,37																																		
% que pasa Tamiz 200	7,36																																		
Modulo de Finura	2,92																																		
Tamiz No.	9,40	4,76	2,38	1,19	0,59	0,29	0,15																												
% Que pasa	97,04	90,24	80,50	66,60	43,90	19,22	7,08																												
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>a) Muestra proporcionada por el interesado.</p> <p>b) Contenido de materia organica máximo permisible No. 3.</p> <p>c) Muestra extraída de Río Bravo Km. 130</p>	<p>Vo.Bo.</p> <p style="text-align: center;">  Inga. Telma Maticela Cano Moberg DIRECTORA CII/USAO Guatemala. </p> <p style="text-align: center;">  Inga. Dilma Yariet Mejicanos Jol Jefe Sección de Concretos </p>																																		

ANEXO 5



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



Nº 11624

INFORME No. S.C. -1232

O.T.No. 25531

INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Carné No. 94-16463

ASUNTO: Ensayo de bondad en Agregado fino

Material: Agregado Fino

Proyecto: Trabajo de Graduación "Caracterización y análisis de la calidad de materiales agregados extraídos por las trituradoras ubicadas en: Carretera CA-2 occidente Km 130 ubicada orilla del Río Bravo, 2da ubicada CA-2 Km 107".

Procedencia: Río Bravo Km 130

Solución utilizada Sulfato De Sodio

FECHA: 18 de noviembre de 2009.

PASA	TAMAÑOS RETENIDO	Graduación por Fracción	PESO DE FRACCION		% Desgaste	Desgaste referido a Graduación
			Antes de Ensayo	Después de Ensayo		
No. 100 (149)	FONDO	7,08	-----	-----	-----	-----
No. 50 (297)	No. 100 (149)	12,14	100,00	73,20	26,80	3,25
No. 30 (595)	No. 50 (297)	24,68	100,00	72,60	27,40	6,76
No. 16 (1.19mm)	No. 30 (595)	22,70	100,00	79,40	20,60	4,68
No. 8 (2.38mm)	No. 16 (1.19mm)	13,90	100,00	90,70	9,30	1,29
No. 4 (4.76mm)	No. 8 (2.38mm)	9,74	100,00	87,40	12,60	1,23
3/8" (9.52mm)	No. 4 (4.76mm)	9,76	-----	-----	12,60	1,23
T O T A L E S :		100,00	500,00	-----	-----	18,44

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,


Inga. Dilma Yanet Mejicanos
Jefe sección Agregados Y concretos

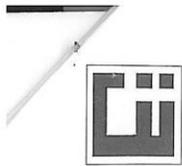


Vo.Bo.


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



ANEXO 6



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



Nº 11625

INFORME No. S.C. - 1233

O.T.No.

25531

INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Carné No. 94-16463

ASUNTO: Ensayo de bondad en Agregado fino

Material: Agregado Fino

Proyecto: Trabajo de Graduación "Caracterización y análisis de la calidad de materiales agregados extraídos por las trituradoras ubicadas en: Carretera CA-2 occidente Km 130 ubicada orilla del Río Bravo, 2da ubicada CA-2 Km 107".

Procedencia: Río Bravo Km 130

Solución utilizada: Sulfato De Sodio

FECHA: 18 de noviembre de 2009.

TAMANOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
2 1/2" (63.5 mm)	1 1/2" (38.1 mm)	-----	-----	-----	-----	-----
1 1/2" (38.1 mm)	3/4" (19.05 mm)	42,48	1498,00	1490,00	0,53	0,23
3/4" (19.05 mm)	3/8" (9.52 mm)	50,81	1000,00	946,0	5,40	2,74
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	0,97	-----	-----	5,40	0,05
	Fondo	5,74	-----	-----	5,40	0,31
TOTALES		100,00	2498,0	-----	-----	3,33

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

ATENTAMENTE,


Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos

Vo.Bo.


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



m.c.

ANEXO 7



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



Nº 007963

INFORME No. S.C- 792 O.T. No. 25650

INTERESADO: Renè Abigail Rivera Pedroza Carnè No. 1994-16463

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

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Caracterizacion y analisis de la calidad de materiales, agregados extraidos por trituradora Carretera CA-2 Km. 107 a orillas del rio Coyolate"

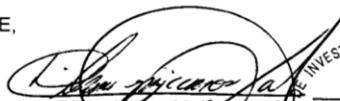
DIRECCIÓN: -----

FECHA: 5 de agosto de 2009

REFERENCIAS	MUESTRAS
	1
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131
2. Graduación	"B"
3. % Desgaste	21,76

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.

ATENTAMENTE,


Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jara
Jefa Sección de Concretos

SECCION
CONCRETOS


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



Nuevos Teléfonos:
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Tels. (502) 2418-8000 ext. 86221 y 86209
Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121

i.c.

ANEXO 8



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



Nº 007961

INFORME No. S.C- 793 O.T. No. 25692

INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Carné No. 1994-16463

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

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Caracterizacion y analisis de la calidad de materiales, agregados extraidos por trituradora Carretera Occidente CA-2 Km 130. a orillas de Rio bravo "

DIRECCIÓN: _____

FECHA: 5 de agosto de 2009

REFERENCIAS	MUESTRAS
	1
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131
2. Graduación	"A"
3. % Desgaste	40,86

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.

ATENTAMENTE,

[Signature]
Ing. Dilma Yaret Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos



[Signature]
Vo.Bo. Inga. Telma Marceia Cano Morales
Directora CH/USAC



Nuevos Teléfonos:
Centro de Investigaciones de Ingeniería
Tels. (502) 2418-8000 ext. 86221 y 86209
Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121

I.C.

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>

ANEXO 9



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



Nº 009070

INFORME No. S.C. - 867

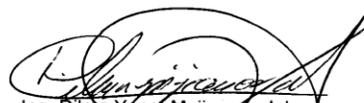
O.T. No. 25532

INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Carné 94-16463
ASUNTO: Partículas Friables y Terrones de Arcilla
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización y Análisis de la Calidad de Materiales Agregados extraídos por las Trituradoras ubicadas en Carretera CA-2 Occidente"
PROCEDENCIA: Río Coyolate
FECHA: 26 de Agosto de 2,009

REFERENCIAS	MUESTRA
1. Norma de Ensayo	ASTM C-142
2. % Partículas friables	7.40

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.

ATENTAMENTE,


Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos

Vo.Bo.


Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CI/USAC



EMG

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>

ANEXO 10



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



Nº 009069

INFORME No. S.C. - 869

O.T. No. 25693

INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Carné 94-16463
ASUNTO: Partículas Friables y Terrones de Arcilla
PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización y Análisis de la Calidad de Materiales Agregados extraídos por las Trituradoras ubicadas en Carretera CA-2 Occidente"
PROCEDENCIA: Rio Bravo
FECHA: 26 de Agosto de 2,009

REFERENCIAS	MUESTRA
1. Norma de Ensayo	ASTM C-142
2. % Partículas friables	7.36

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.

ATENTAMENTE,

[Signature]
 Ing. Dilma Yanet Mejicanos Jaj
 Jefa Sección de Concretos
 SECCION CONCRETOS
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA - GUATEMALA, C.A.

Vo.Bo. *[Signature]*
 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 Directora CN/USAC

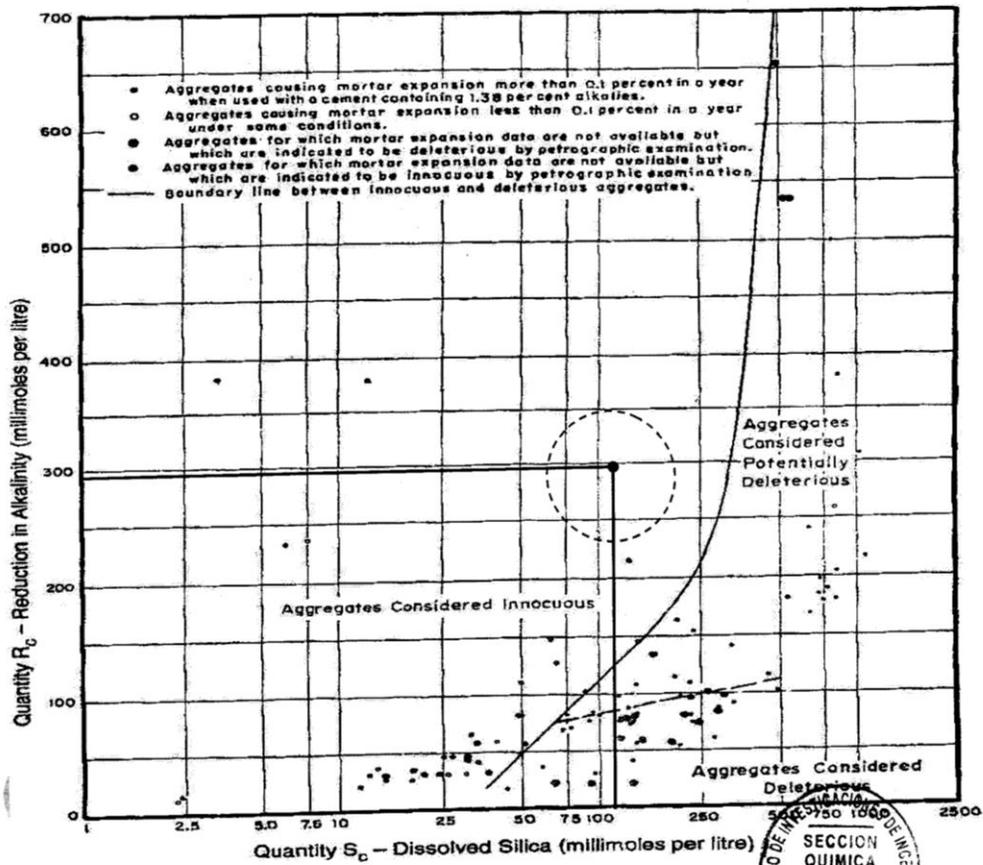
Nuevos Teléfonos:
 Centro de Investigaciones de Ingeniería
 Tels. (502) 2418-8000 ext. 85221 y 86209
 Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121

ANEXO 11



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

Orden de Trabajo No. 045-09



Gráfica tomada de la norma ASTM C- 289
 *Muestra Rio Coyolate, Agregado Fino



<p>A. AGREGADO CONSIDERADO INOCUO:</p> <p>B. AGREGADO CONSIDERADO DELETEREO:</p> <p>C. AGREGADO CONSIDERADO POTENCIALMENTE DELETEREO</p>	<p>RESULTADO DE LA MUESTRA</p> <table border="1"> <tr> <td>A</td> <td style="background-color: black;"></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> </table>	A		B		C	
A							
B							
C							



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

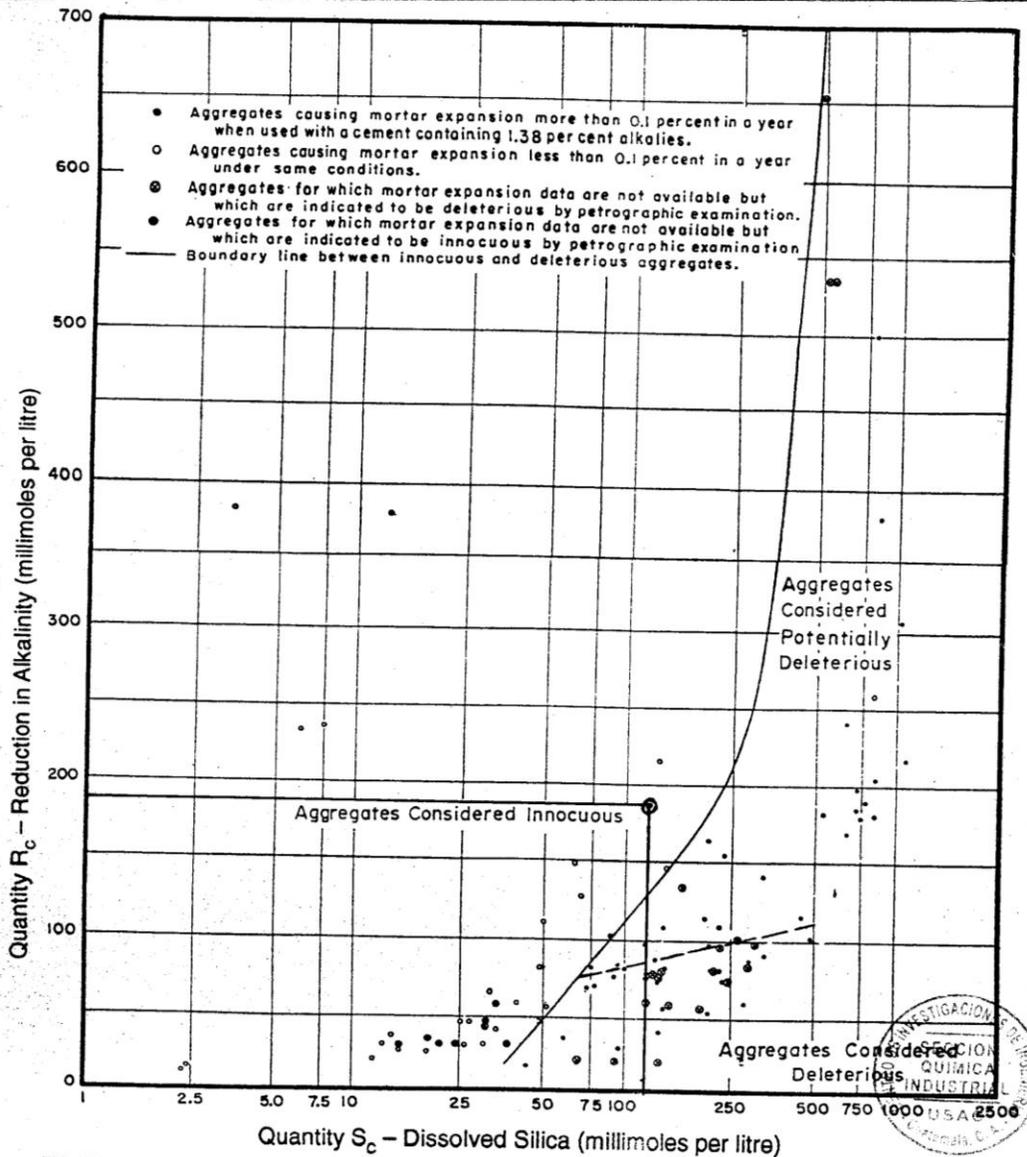


FIG. X1.1 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

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

ANEXO 13



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



Nº 004651

O.T. No. 25827
 Informe Lab. No. 045-09

Interesado: Rene Abigail Rivera Pedroza
 Muestra: 2 Agregados finos Banco CA-2 Km 130 Río Bravo
 CA-2 Km 107 Río Coyolate
 Fecha: Guatemala, 18 de Agosto de 2009

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

Muestra	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
BANCO RIO BRAVO Km 130	253.621 ± 6.179	116.12±18.12	INOCUO
BANCO RIO COYOLATE Km 107	295.969 ± 40.946	136.82±14.32	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



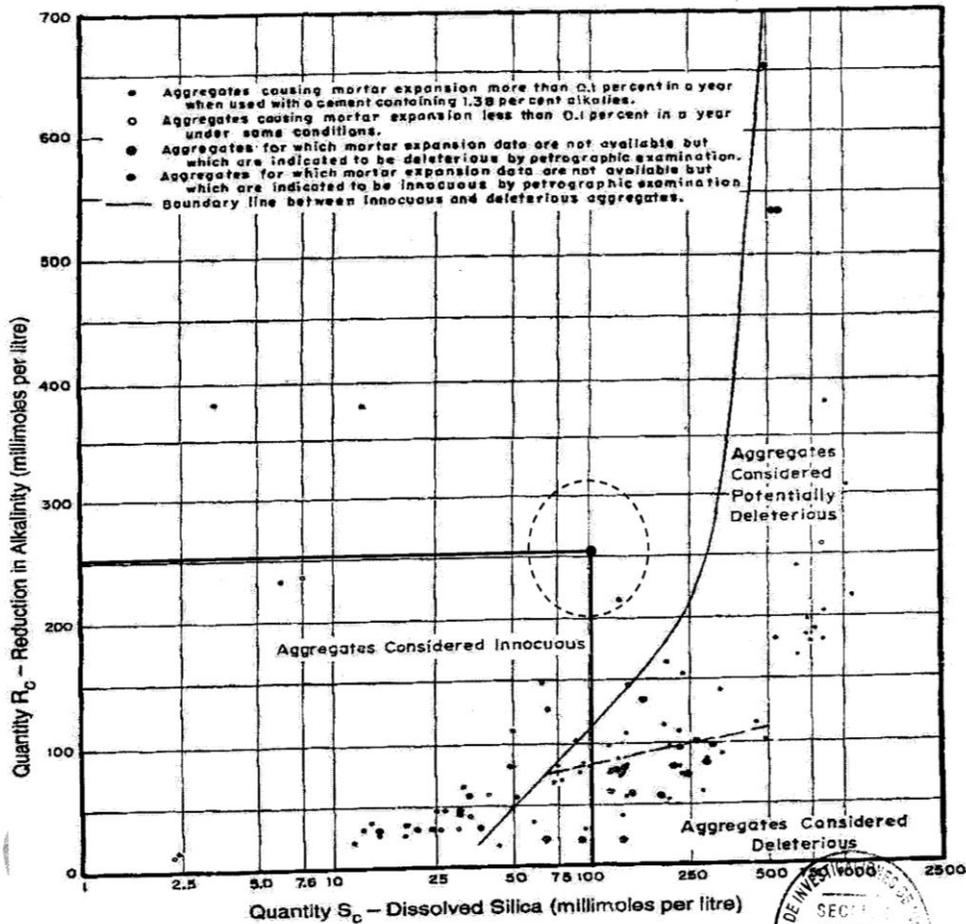
FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

ANEXO 14



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

Orden de Trabajo No. 045-09



Gráfica tomada de la norma ASTM C- 289
 *Muestra Rio Bravo, Agregado Fino



A. AGREGADO CONSIDERADO INOCUO:	RESULTADO DE LA MUESTRA
B. AGREGADO CONSIDERADO DELETEREO:	
C. AGREGADO CONSIDERADO POTENCIALMENTE DELETEREO	

A	
B	
C	



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

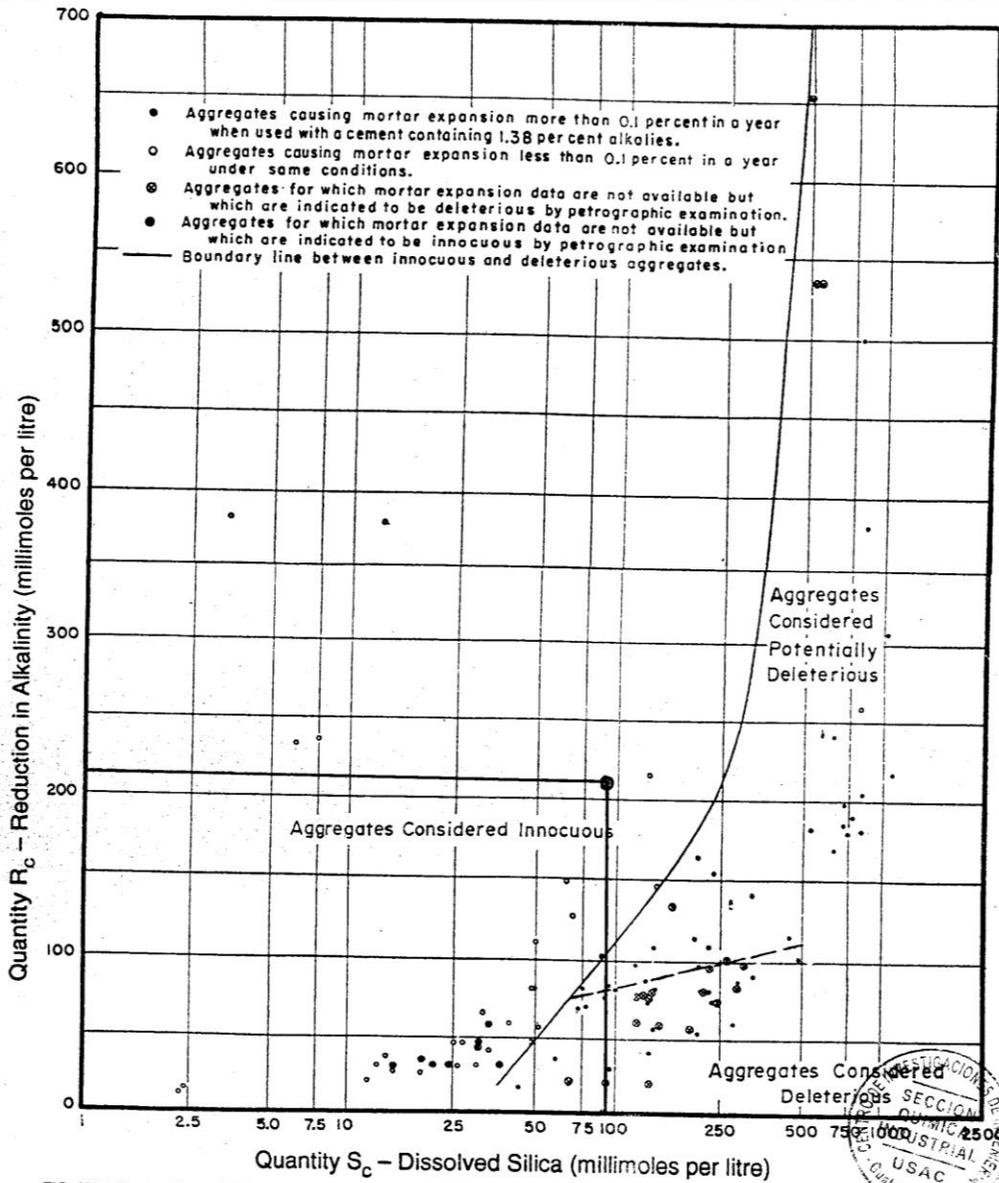
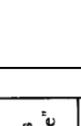


FIG. X1.1 Illustration of Division Between Innocuous and Deleterious Aggregates on Basis of Reduction in Alkalinity Test

PÁRTICULAS PLANAS Y ALARGADAS Norma ASTM D-4791		 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA			
INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Carné 94-16463		INFORME No. S.C.- 866		PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización y Análisis de la Calidad de Materiales Agregados extraídos por las Trituradoras ubicadas en Carretera CA-2 Occidente"	
MUESTRA: Agregado Grueso		FECHA: 26/08/2009		O.T. No. 25532	
				LAB.: Concretos	

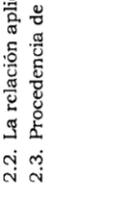
Tamiz Retenido	Graduación por fracción	PARTICULAS			CANTIDAD			PESO (gramos)			% Numerico			% POR PESO			% POR PESO REFERIDO A GRADUACION		
		Cantidad	Peso (gr.)	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas	Planas	Alargadas	Ni planas ni alargadas	
1"	0.33	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
3/4"	5.91	100.00	1235.00	4.0	0.00	31.8	0.00	1203.20	4.00	0.00	96.00	2.57	0.00	97.43	0.152	0.000	5.761		
1/2"	37.16	100.00	670.00	1.00	1.00	4.60	6.50	658.90	1.00	1.00	98.00	0.69	0.97	98.34	0.255	0.360	36.543		
3/8"	20.60	100.00	168.80	7.00	0.00	8.00	0.00	160.80	7.00	0.00	93.00	4.74	0.00	95.26	0.976	0.000	19.622		
No. 4	30.07	100.00	904.00	3.00	4.00	93.00	1.20	899.90	3.00	4.00	93.00	0.13	0.32	99.55	0.040	0.096	29.936		
Fondo	5.93	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
Total	100.00	400.00	2977.80																

II. OBSERVACIONES:

- 2.1. Muestra proporcionada por el interesado
- 2.2. La relación aplicada es 1:3 en base a especificaciones generales.
- 2.3. Procedencia de Material: Río Coyolate

Atentamente,


Inga. Teima Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CI/USAC


SECCION CONCRETOS
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA - GUATEMALA

 <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA</p>			
<p>PÁRTICULAS PLANAS Y ALARGADAS Norma ASTM D-4791</p>		<p>INFORME No. S.C.- 868</p>	
<p>INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Carné 94-16463</p>		<p>PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización y Análisis de la Calidad de Materiales Agregados extraídos por las Trituradoras ubicadas en Carretera CA-2 Occidente"</p>	
<p>MUESTRA: Agregado Grueso</p>		<p>FECHA: 26/08/2009</p>	<p>O.T. No. 25693</p>
<p>LAB.: Concretos</p>			

Tamiz Retenido	Graduación por fracción	PARTICULAS		CANTIDAD		PESO (gramos)		% Numérico		% POR PESO		% POR PESO REFERIDO A GRADUACION	
		Cantidad	Peso (gr)	Planas Alargadas									
1"	9.41	100.0	2738.8	0.00	0.00	0.00	2738.80	0.00	0.00	100.00	0.00	0.000	9.411
3/4"	33.07	100.00	1422.00	0.00	0.00	0.00	1422.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.000	33.070
1/2"	44.04	100.00	581.30	1.00	0.00	99.00	578.80	1.00	0.00	99.00	0.43	0.189	43.849
3/8"	6.77	100.00	209.80	1.00	0.00	99.00	208.60	1.00	0.00	99.00	0.57	0.039	6.733
No. 4	0.97	100.00	66.70	2.00	0.00	98.00	66.10	2.00	0.00	98.00	0.90	0.009	0.960
Fondo	5.74	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Total	100.00	500.00	5018.60	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.237	94.023

II. OBSERVACIONES:

- 2.1. Muestra proporcionada por el interesado
- 2.2. La relación aplicada es 1:3 en base a especificaciones generales.
- 2.3. Procedencia de Material: Río Bravo

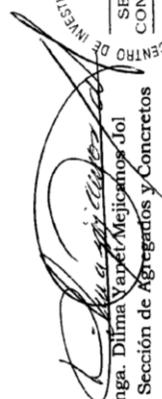
Atentamente,



Inga. Teima Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Centro de Investigaciones de Ingeniería
Teles. (502) 2418-8000 ext. 86221 y 86208
Directos: (502) 2418-9115 - 2418-9121



Inga. Dilita Vayel Mejicanos Jol
Jefa Sección de Agregados y Concretos



SECCION CONCRETOS
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA - C. I. I. - GUATEMALA, G. U. T. C.



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



Nº 14554

O.T. No.26644

INFORME No. S.C. 074

INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza. Carné No. 94-16463
 PROYECTO: Trabajo de graduación: "Caracterización y análisis de la calidad de materiales, agregados extraídos por las trituradoras ubicadas en; carretera CA-2 occidente km 130, ubicada a orilla del río, río Bravo y la segunda ubicada en la CA-2 km 107 a orilla del río Coyolate.
 DIRECCION: Km 130 a orilla del Río Bravo
 ASUNTO: Diseño Teórico de Mezcla de Concreto.
 FECHA: 15 de Febrero de 2 010

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregado fino y grueso, proveniente del Río Bravo, 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. – 1230/2009
 2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 1231/2009

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	EN	PROPORCION EN VOLUMEN (LITROS)	EN	PROPORCION EN VOLUMEN (kg/m ³)
CEMENTO	1		1 SACO		342,11
ARENA	2,29		63,49		782,42
PIEDRIN / GRAVA	3,16		103,56		1080,48
AGUA LIBRE	0,57		24,23		195,00

4. RECOMENDACIONES

4.5 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 CI/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 Mércela Caño Morales
 DIRECTORA CI/USAC



[Signature]
 Inga. Dilma Yajet Méjicanos Jil
 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://ci.usac.edu.gt>

ANEXO 19



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



Nº 14507

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

NORMA ASTM C-39

INFORME No. S. C. - 156

O.T. No. 26644

HOJA 1/1

INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Carné 94-16463

ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION

PROYECTO: Trabajo de Graduación: "Caracterización y Análisis de los Agregados Gruesos y Finos"

DIRECCION: Km. 130 a orilla del rio Bravo

FECHA: 16 de marzo 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/cm2	RESISTENCIA lbf/pig2
1	46-03	16/02/2010	3	Control de calidad	12,910	15,133	47.500	119,79	1703,74
2	47-03	16/02/2010	3	Control de calidad	12,918	15,100	48.000	121,58	1729,28
3	48-03	16/02/2010	3	Control de calidad	12,810	15,167	45.500	114,24	1624,83
4	49-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12,897	15,147	64.000	161,11	2291,52
5	50-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12,815	15,017	64.900	166,22	2364,15
6	51-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12,915	15,110	67.500	170,75	2428,58
7	52-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12,869	15,237	92.500	230,11	3272,95
8	53-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12,960	15,217	98.000	244,44	3476,68
9	54-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12,888	15,223	92.500	230,52	3278,69

OBSERVACIONES :

- Agregado de Banco Rio Bravo
- El interesado proporciono el material para la mezcla.
- El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 8 cm.
- Diseño teorico de acuerdo al informe S.C.-74
- Modificación de agua: Cantidad Original 195 lts/m³ a 243,39 lts/m³.

Atentamente,

Inga Dilma Janet Mejicanos Jd
Jefa Sección de Concretos

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC



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>



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



Nº 14555

O.T. No.26643

INFORME No. S.C. 075

INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza. Carné No. 94-16463
 PROYECTO: Trabajo de graduación: "Caracterización y análisis de la calidad de materiales, agregados extraídos por las trituradoras ubicadas en; carretera CA-2 occidente km 130, ubicada a orilla del río, río Bravo y la segunda ubicada en la CA-2 km 107 a orilla del río Coyolate.
 DIRECCION: Km 107 Río Coyolate
 ASUNTO: Diseño Teórico de Mezcla de Concreto.
 FECHA: 15 de Febrero de 2 010

1. GENERALIDADES

1.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregado fino y grueso, proveniente del Río Coyolate, 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. – 1091/2009
 2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 1092/2009

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)	EN	PROPORCION EN VOLUMEN (kg/m ³)	EN
CEMENTO	1	1 SACO		350,88	
ARENA	2,32	64,66		813,61	
PIEDRIN / GRAVA	2,95	90,58		1035,51	
AGUA LIBRE	0,57	24,23		200,00	

4. RECOMENDACIONES

4.6 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 Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



[Signature]
Inga. Dilma Yanet Mejicanos del
Jefa Sección de Concretos



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

ANEXO 21

Nº 14587

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO

NORMA ASTM C-39

INFORME No. S. C. - 157

O.T. No.26643

HOJA 1/1

INTERESADO: René Abigail Rivera Pedroza Carné 94-16463
 ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION
 PROYECTO: Trabajo de Graduación: "Caracterización y Análisis de los agregados Gruesos y Finos"
 DIRECCION: Km 107, Rio Coyolate
 FECHA: 24 de marzo 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/cm2	RESISTENCIA lib/pig2
1	55-03	16/02/2010	3	Control de calidad	12.575	15.080	47,500	120.63	1715.81
2	56-03	16/02/2010	3	Control de calidad	12.488	15.177	47,000	117.85	1676.19
3	57-03	16/02/2010	3	Control de calidad	12.525	15.070	47,500	120.79	1718.09
4	58-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12.545	15.173	67,500	169.33	2408.35
5	59-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12.535	15.027	67,500	172.65	2455.59
6	60-03	16/02/2010	7	Control de calidad	12.757	15.313	62,500	153.93	2189.37
7	61-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12.59	15.197	100,000	250.08	3556.98
8	62-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12.517	15.073	100,500	255.46	3633.50
9	63-03	16/02/2010	28	Control de calidad	12.564	15.157	100,200	251.91	3582.93

OBSERVACIONES :

- a) Agregado de Banco Rio Coyolate
- b) El interesado proporciono el material para la mezcla.
- c) El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 8 cm.
- d) Diseño teorico de acuerdo al informe S.C.-75
- e) Proporción corregida en campo: 1 : 1.98 : 2.36 : 0.64

Atentamente,

Vo.Bo.

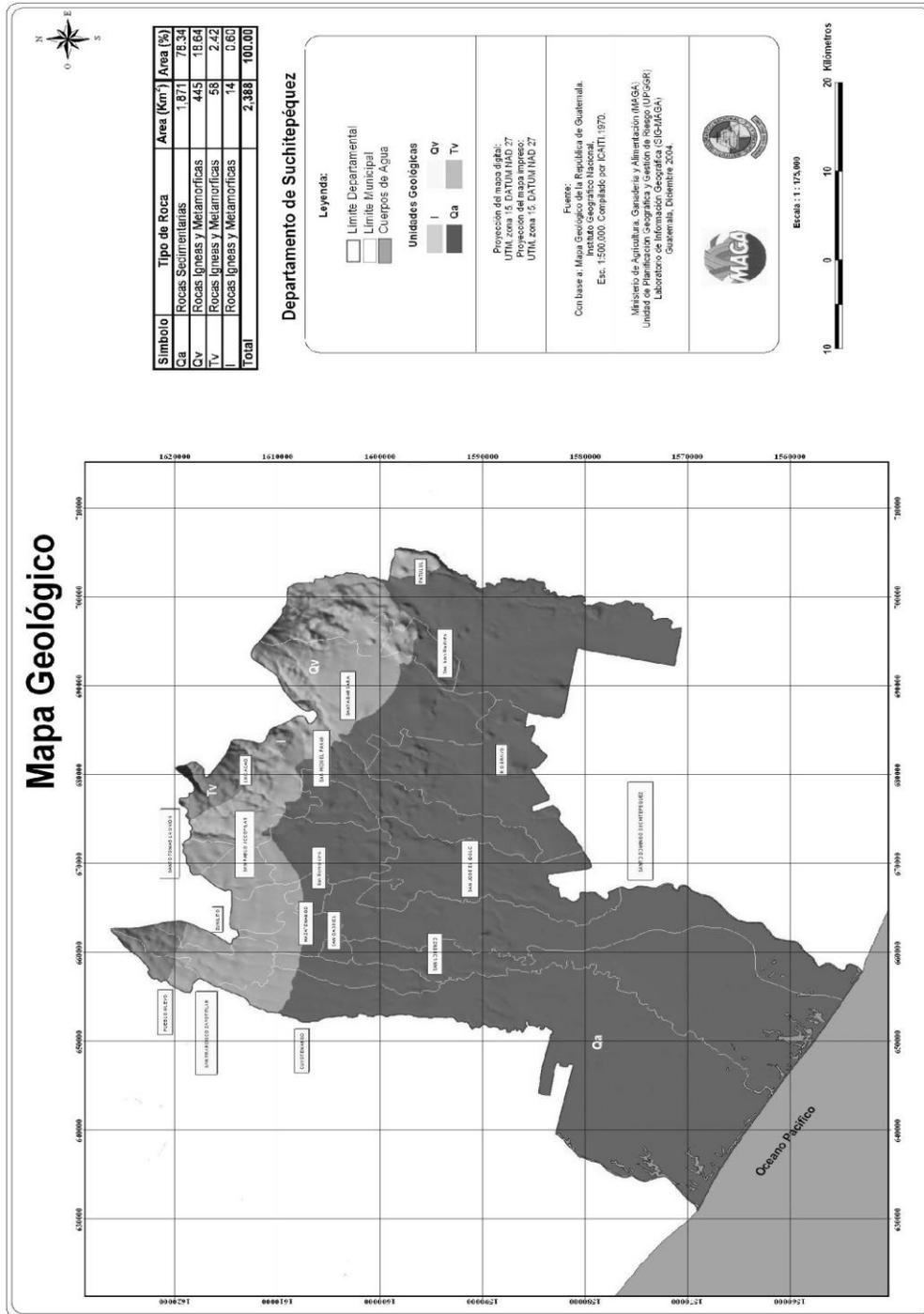
Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra
 Director a.i CII/USAC



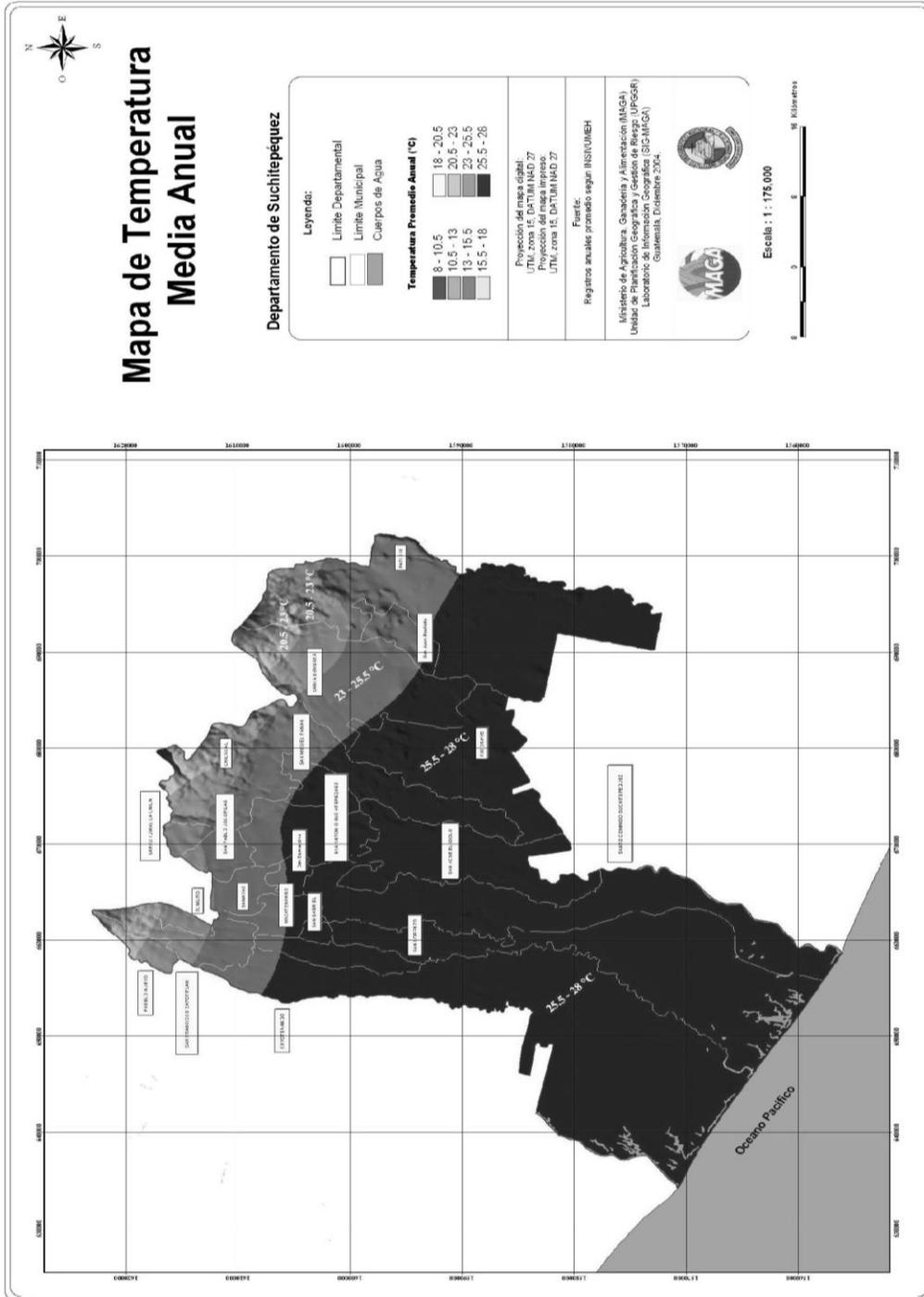
Ing. Dilma Yáñez Mejicanos Jol
 Jefa Sección de Concretos

SECCION CONCRETOS
 INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA - GUATEMALA, C.A.

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



ANEXO 24



ANEXO 25

