



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

**CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE
LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS EXTRAÍDOS: DEL BANCO DE
MATERIAL UBICADO ENTRE LA FINCA PIURA, FINCA LA VEGA, LOS
LLANITOS Y LA FINCA EL TULE, AGUAS ARRIBA DEL RÍO OSTÚA Y DEL
BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LOS LLANITOS, FINCA MONTE
RICO, FINCA EL TULE, FINCA EL COCO Y LA FINCA CONCEPCIÓN,
AGUAS ABAJO DEL RÍO OSTÚA DEL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA
JUTIAPA, PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL**

Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico

Asesorado por la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Guatemala, febrero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS EXTRAÍDOS: DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LA FINCA PIURA, FINCA LA VEGA, LOS LLANITOS Y LA FINCA EL TULE, AGUAS ARRIBA DEL RÍO OSTÚA Y DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LOS LLANITOS, FINCA MONTE RICO, FINCA EL TULE, FINCA EL COCO Y LA FINCA CONCEPCIÓN, AGUAS ABAJO DEL RÍO OSTÚA DEL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA JUTIAPA, PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WILFORD ROLYN IVAN LUCERO GASPARICO

Asesorado por: Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

AI CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

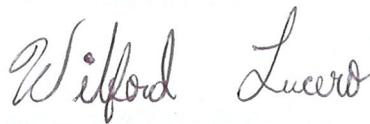
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR	Ing. Diego Velásquez Jofre
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS EXTRAÍDOS: DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LA FINCA PIURA, FINCA LA VEGA, LOS LLANITOS Y LA FINCA EL TULE, AGUAS ARRIBA DEL RÍO OSTÚA Y DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LOS LLANITOS, FINCA MONTE RICO, FINCA EL TULE, FINCA EL COCO Y LA FINCA CONCEPCIÓN, AGUAS ABAJO DEL RÍO OSTÚA DEL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA JUTIAPA, PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 17 de Marzo de 2010.



WILFORD ROLYN IVAN LUCERO GASPARICO



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



Nº 21859

Guatemala, 28 de Octubre de 2 010

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

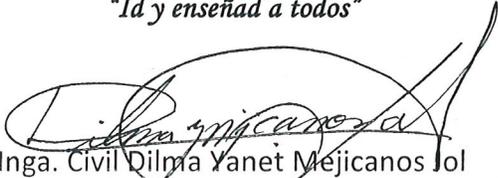
Ingeniero Ordoñez

Me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de graduación **"CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS EXTRAÍDOS: DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LA FINCA PIURA, FINCA LA VEGA, LOS LLANITOS Y LA FINCA EL TULE, AGUAS ARRIBA DEL RÍO OSTÚA Y DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LOS LLANITOS, FINCA MONTE RICO, FINCA EL TULE, FINCA EL COCO Y LA FINCA CONCEPCIÓN, AGUAS ABAJO DEL RÍO OSTÚA DEL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA JUTIAPA, PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL"** elaborado con el estudiante universitario Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, quien conto con la asesoría de la suscrita.

Considerando que el trabajo desarrollado por el estudiante universitario Lucero Gasparico 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,
16 de noviembre de 2010

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

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS EXTRAÍDOS: DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LA FINCA PIURA, FINCA LA VEGA, LOS LLANITOS Y LA FINCA EL TULE, AGUAS ARRIBA DEL RIO OSTÚA Y DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LOS LLANITOS, FINCA MONTE RICO, FINCA EL TULE, FINCA EL COCO Y LA FINCA CONCEPCIÓN, AGUAS ABAJO DEL RIO OSTÚA DEL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA JUTIAPA, PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, quien contó con la asesoría de la Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

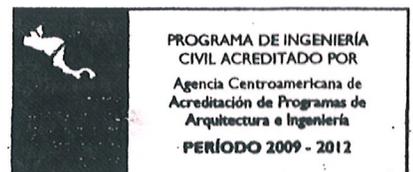

José Gabriel Ordóñez Morales
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. José Gabriel Ordóñez Morales, al trabajo de graduación del estudiante Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, titulado **CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS EXTRAÍDOS: DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LA FINCA PIURA, FINCA LA VEGA, LOS LLANITOS Y LA FINCA EL TULE, AGUAS ARRIBA DEL RÍO OSTÚA Y DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LOS LLANITOS, FINCA MONTE RICO, FINCA EL TULE, FINCA EL COCO Y LA FINCA CONCEPCIÓN, AGUAS ABAJO DEL RÍO OSTÚA DEL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA JUTIAPA, PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero de 2011

/bbdeb.



Ref. DTG.045.11

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN FÍSICA, MECÁNICA, QUÍMICA Y PETROGRÁFICA DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS EXTRAÍDOS: DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LA FINCA PIURA, FINCA LA VEGA, LOS LLANITOS Y LA FINCA EL TULE, AGUAS ARRIBA DEL RÍO OSTÚA Y DEL BANCO DE MATERIAL UBICADO ENTRE LOS LLANITOS, FINCA MONTE RICO, FINCA EL TULE, FINCA EL COCO Y LA FINCA CONCEPCIÓN, AGUAS ABAJO DEL RÍO OSTÚA DEL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA JUTIAPA, PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO ESTRUCTURAL**, presentado por el estudiante universitario **Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, febrero de 2011

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Leonel Augusto Lucero Guerra y Maricela Gasparico Sánchez, por su incondicional cariño y apoyo, ya que sin ustedes esto no podría haber sido posible, los amo mucho.

Mi novia

Ada Lisbeth Mijangos Rodríguez, por estar siempre a mi lado y contribuir con tu cariño y colaboración para que esta meta se llevara a cabo, gracias mi amor.

Mis hermanos

Leonela y Ernesto, por su gran amor y apoyo, y ser para mí una motivación para seguir adelante, los quiero mucho.

Mi tía

Carlota Bautista Guerra, por brindarme su valioso cariño y apoyo en todo momento, le agradezco con todo mi corazón y la quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS A:

Jehová Dios

Por darme el honor de conocerlo y la oportunidad de alcanzar esta meta, te agradezco con todo mi corazón, con todas mis fuerzas y con toda mi mente.

La Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol

Por su valiosa aportación a este sueño, y por brindarme su amistad, la aprecio mucho.

RECONOCIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-

Al Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas -CESEM-

A la Facultad de Ingeniería

Y, a todas las personas que me apoyaron y colaboraron directa o indirectamente para que este trabajo de graduación fuera realizado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1 DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN	1
1.1 Zona geológica	1
1.2 Zona geográfica	4
1.3 Descripción demográfica	10
1.4 Tipología constructiva	22
1.4.1 Vivienda	22
1.4.2 Vías de comunicación	25
1.4.3 Edificios públicos	26
1.4.4 Actividades comerciales	27
1.5 Área de influencia	27
1.5.1 Alcance de abastecimiento	27
1.5.1.1 Municipal	27
1.5.1.2 Departamental	28
1.5.1.3 Regional	28
1.5.2 Volumen de comercio	28
1.5.2.1 Cantidad de producción	28
1.5.2.2 Demanda municipal	29

2	UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS EN ESTUDIO	31
2.1	Localización y posicionamiento global de los bancos de materiales	31
2.2	Descripción de los bancos	34
2.3	Tipos de bancos de materiales	36
2.4	Reservas estimadas	38
3	ENSAYOS DE LABORATORIO	45
3.1	Tabulación, análisis e interpretación de resultados	45
3.1.1	Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C-33 análisis completo	53
3.1.1.1	Agregado fino del banco Promaco I y del banco Promaco II	53
3.1.1.2	Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II	58
3.1.2	Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C-131 abrasión en la máquina de los ángeles	65
3.1.2.1	Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II	65
3.1.3	Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C- 295 examen petrográfico	80
3.1.3.1	Agregado fino del banco Promaco I y del banco Promaco II	80
3.1.3.1.1	Componentes líticos	80
3.1.3.1.2	Contenido mineral proveniente de la granulometría	81
3.1.3.2	Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II	85

3.1.3.2.1	Composición química	85
3.1.3.2.2	Ensayo petrográfico	86
3.1.3.2.3	Ensayo de composición mineralógica	87
3.1.4	Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C- 289 reactividad potencial	92
3.1.4.1	Agregado fino del banco Promaco I y del banco Promaco II	93
3.1.4.2	Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II	94
3.1.5	Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C-88 uso de sulfato de sodio	97
3.1.5.1	Agregado fino del banco Promaco I y del banco Promaco II	97
3.1.5.2	Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II	99

4	ELABORACIÓN DE MEZCLAS Y MORTEROS PARA VERIFICAR LA RESISTENCIA MECÁNICA DE LOS AGREGADOS	101
4.1	Ensayo de cilindros de concreto a compresión	101
4.1.1	Banco Promaco I y banco Promaco II (agregado fino y agregado grueso)	101
4.2	Ensayo de cubos de mortero a compresión	104
4.2.1	Banco Promaco I y banco Promaco II (agregado fino)	105
4.3	Ensayo de briquetas de mortero a tensión	107
4.3.1	Banco Promaco I y banco Promaco II (agregado fino)	107

CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	113
BIBLIOGRAFÍA	115
ANEXO	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Área de extracción de material del banco Promaco I	31
2	Extracción de material del banco Promaco I	32
3	Transporte de material del banco Promaco I	32
4	Área de extracción de material del banco Promaco II	33
5	Extracción de material del banco Promaco II	33
6	Transporte de material del banco Promaco II	34
7	Trituradora de agregado grueso del banco Promaco I	36
8	Zarandas utilizadas para tamizado del agregado fino de los bancos Promaco I y Promaco II	37
9	Recolección de agregado fino del banco Promaco I	37
10	Recolección de agregado grueso del banco Promaco II	38
11	Excavadora encargada de extraer material del río Ostúa para los bancos Promaco I y Promaco II	38
12	Proceso de carga de agregado fino de los bancos Promaco I y Promaco II para su posterior distribución	39
13	Vista panorámica oeste del lugar de apilamiento del agregado fino y grueso de los bancos Promaco I y Promaco II	40
14	Vista panorámica central del lugar de apilamiento del agregado fino y grueso de los bancos Promaco I y Promaco II	40

15	Vista panorámica este del lugar de apilamiento del agregado fino y grueso de los bancos Promaco I y Promaco II	41
16	Ubicación geográfica y acceso del banco de material Promaco I	42
17	Ubicación geográfica y acceso del banco de material Promaco II	43
18	Descripción geológica del banco de material Promaco I y Promaco II	44
19	Curva granulométrica del agregado fino del banco Promaco I	54
20	Curva granulométrica del agregado fino del banco Promaco II	56
21	Curva granulométrica del agregado grueso del banco Promaco I	59
22	Curva granulométrica del agregado grueso del banco Promaco II	61
23	Distribución en % de los diferentes componentes del agregado fino según el número de tamiz (Promaco I)	82
24	Distribución en % de los diferentes componentes del agregado fino según el número de tamiz (Promaco II)	83
25	Gráfica tomada de la norma ASTM C-289	95
26	Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino del banco Promaco I	119
27	Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino del banco Promaco II	120
28	Informe de la norma ASTM C-33 para agregado grueso del banco Promaco I	121
29	Informe de la norma ASTM C-33 para agregado grueso del banco Promaco II	122
30	Informe de la norma ASTM C-131 para agregado grueso del banco Promaco I	123
31	Informe de la norma ASTM C-131 para agregado grueso del banco Promaco II	124

32	Informe de la norma ASTM C-289 para agregado fino y grueso del banco Promaco I y banco Promaco II	125
33	Resultado gráfico de la norma ASTM C-289 para agregado fino y grueso del banco Promaco I y banco Promaco II	126
34	Informe de la norma ASTM C-88 para agregado fino del banco Promaco I	127
35	Informe de la norma ASTM C-88 para agregado fino del banco Promaco II	128
36	Informe de la norma ASTM C-88 para agregado grueso del banco Promaco I	129
37	Informe de la norma ASTM C-88 para agregado grueso del banco Promaco II	130
38	Diseño teórico de mezclas de concreto para el banco Promaco I	131
39	Diseño teórico de mezclas de concreto para el banco Promaco II	132
40	Informe de la resistencia de los cilindros de concreto a compresión fabricados con material del banco Promaco I	133
41	Informe de la resistencia de los cilindros de concreto a compresión fabricados con material del banco Promaco II	134
42	Informe de la resistencia de los morteros a compresión y tensión fabricados con arena del banco Promaco I	135
43	Informe de la resistencia de los morteros a compresión y tensión fabricados con arena del banco Promaco II(página 1)	136
44	Informe de la resistencia de los morteros a compresión y tensión fabricados con arena del banco Promaco II(página 2)	137

TABLAS

I	Estructura y aspectos sociales de la población	12
II	Estructura etérea	12
III	Población económicamente activa por rama de actividad en porcentaje	13
IV	Indicadores específicos (Asunción Mita)	17
V	Principales cultivos	18
VI	Áreas con riego	19
VII	Principales necesidades del municipio de Asunción Mita	20
VIII	Tipología constructiva de vivienda en el municipio de Asunción Mita	22
IX	Principales puentes ubicados en el municipio de Asunción Mita	25
X	Tipología constructiva de los edificios públicos en el municipio Asunción Mita	26
XI	Número de licencias de construcción para vivienda solicitadas en la municipalidad de Asunción Mita en el año 2009	29
XII	Coordenadas UTM del banco Promaco I	35
XIII	Coordenadas UTM del banco Promaco II	35
XIV	Límites de graduación para el agregado fino	46
XV	Clasificación de la arena por su módulo de finura	46
XVI	Límites de sustancias nocivas en agregados finos	47
XVII	Cantidad de material en unidades de peso para realizar el cuarteo en el ensayo de contenido de humedad	51
XVIII	Granulometría del agregado fino del banco Promaco I	54

XIX	Características físicas del agregado fino del Banco Promaco I	55
XX	Granulometría del agregado fino del banco Promaco II	56
XXI	Características físicas del agregado fino del Banco Promaco II	57
XXII	Granulometría del agregado grueso del banco Promaco I	58
XXIII	Características físicas del agregado grueso del banco Promaco I	59
XXIV	Granulometría del agregado grueso del banco Promaco II	60
XXV	Características físicas del agregado grueso del banco Promaco II	61
XXVI	Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5000 g de muestra	64
XXVII	Cantidades de material de muestreo para el análisis petrográfico	71
XXVIII	Conteo de los componentes que conforman el agregado fino del banco Promaco I	81
XXIX	Conteo de los componentes que conforman el agregado fino del banco Promaco II	82
XXX	Composición química de las rocas identificadas en el agregado grueso del banco Promaco I y Promaco II	85
XXXI	Resultados del ensayo de reactividad potencial en el agregado fino del banco Promaco I y Promaco II	93
XXXII	Resultados del ensayo de reactividad potencial en el agregado grueso del banco Promaco I y Promaco II	94
XXXIII	Porcentaje de desgaste y desgaste referido a graduación del agregado fino del banco Promaco I	97
XXXI V	Porcentaje de desgaste y desgaste referido a graduación del agregado fino del banco Promaco II	98

XXXV	Porcentaje de desgaste y desgaste referido a graduación del agregado grueso del banco Promaco I	99
XXXVI	Porcentaje de desgaste y desgaste referido a graduación del agregado grueso del banco Promaco II	99
XXXVII	Resultados del ensayo a compresión del concreto utilizando agregado fino y grueso del Banco Promaco I	102
XXXVIII	Resultados del ensayo a compresión del concreto utilizando agregado fino y grueso del Banco Promaco II	104
XXXIX	Resultados de mortero a compresión para el agregado fino del banco Promaco I	105
XL	Resultados de mortero a compresión para el agregado fino del banco Promaco II	106
XLI	Resultados de briquetas de mortero a tensión para el agregado fino del banco Promaco I	107
XLII	Resultados de briquetas de mortero a tensión para el agregado fino del banco Promaco II	108

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
° , ' , ''	Grado, minuto, segundo
g	Gramo
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
km²	Kilómetro cuadrado
lb	Libra
psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
m	Metro
m³	Metro cúbico

msnm	Metros sobre el nivel del mar
μm	Micrómetro (1×10^{-6} m)
ml	Mililitro
mm	Milímetro
#	Número
ppm	Partículas por millón
%	Porcentaje
”	Pulgada
f'c	Resistencia última del concreto

GLOSARIO

Agregado	Material inerte que unido con un aglomerante en una masa conglomerada, forma concreto o mortero. Estos se dividen, según su tamaño, en finos y gruesos, el límite es el tamiz de 4,75 mm de abertura.
Abrasión	Acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material.
Álcalis	Hidróxidos que se forman cuando elementos alcalinos entran en contacto con el agua. En el cemento Pórtland estos elementos alcalinos son el sodio y el potasio.
Aluvión	Material detrítico transportado y depositado transitoria o permanentemente por una corriente de agua, que puede ser repentina y provocar inundaciones. Puede estar compuesto por arena, piedrín, arcilla o limo.
Andesita	Roca volcánica de grano fino sin cuarzo o sin ortoclasa, con una composición de 75% de feldespato plagioclasa y el resto de silicatos ferromagnésicos.

Anortita	Mineral del grupo de los silicatos, perteneciente a los feldespatos denominados plagioclasas. Se encuentra especialmente en rocas metamórficas procedentes de calizas sometidas a metamorfismo de contacto, y también en rocas ígneas plutónicas máficas.
Arcilla	Mineral constituido por agregados de silicatos de aluminio hidratados, originados de la descomposición de minerales de aluminio. El diámetro de sus partículas es inferior a 0,002 mm, presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura.
Augita	Mineral del grupo de los silicatos, perteneciente a los denominados piroxenos. Es un aluminosilicato de hierro, calcio y magnesio que suele estar presente en todas las rocas ígneas básicas, especialmente en gabros y basaltos.
Basalto	Roca ígnea volcánica. Se compone mayormente de piroxeno y olivino, con un alto contenido de hierro y cantidades menores de feldespato y cuarzo. Su color es oscuro y es considerada la roca más abundante en la corteza terrestre.

Biotita	Mineral muy difundido como componente de numerosas rocas ígneas (granitos, sienitas, traquitas, etc.), metamórficas y sedimentarias. Es un silicato de hierro y magnesio perteneciente al grupo de las micas.
Bytownita	Mineral del grupo de los feldespatos, rico en calcio y que pertenece a la serie de plagioclasas. Su color va del gris al blanco y ocurren principalmente en intrusiones de gabro complejas y metamórficas.
Conglomerado	Roca sedimentaria de tipo detrítico formada por cantos redondeados de otras rocas unidos por un cemento natural. Se caracterizan porque sus fragmentos constitutivos son mayores que los de la arena (>2 mm).
Cono cinerítico	Considerado el más pequeño de los volcanes, tiene pendientes inclinadas formadas en gran medida por la acumulación de ceniza, escorias y rocas. Todos estos materiales han sido eructados explosivamente desde el conducto del volcán y acumulados formando un cono simétrico.
Coordenadas globales	Pertencen a un sistema de referencia encargado de posicionar un lugar en la superficie terrestre a través de la latitud y longitud.

Dacita	Roca ígnea volcánica con alto contenido de hierro. Se compone principalmente de feldespato plagioclasa con biotita, hornblenda y piroxeno. Posee cuarzo en forma de fenocristales redondeados corroídos, o como elemento de su pasta base.
Degradación	Destrucción o alteración de las propiedades físicas de un material macromolecular.
Deleznable	Material inconsistente, de poca duración o resistencia.
Disgregable	Material frágil, quebradizo o desmenuzable.
Esquisto	Constituye un grupo de rocas metamórficas de grado medio, que poseen preponderancia de minerales laminares tales como la mica, el talco y la hornblenda. El cuarzo se halla con frecuencia en granos estirados hasta al extremo que se produce una forma particular llamada cuarzo esquisto.
Deletéreo	Mortífero, venenoso.
Fenolftaleína	Compuesto químico orgánico cuyo color es blanco o incoloro. En química se utiliza como indicador de Ph, que en soluciones ácidas permanece incoloro, pero en presencia de básicas se torna color rosa.

Feldespato	Mineral correspondiente a los silicatos de aluminio, calcio, sodio o potasio, constituyente principalmente de las rocas ígneas y en menor grado de las rocas sedimentarias y metamórficas. Se dividen en dos grandes grupos: ortoclasas y plagioclasas.
Felsita	Roca compuesta de minerales claros tales como cuarzo y feldespato, los cuales no están caracterizados por formas específicas.
Fractura Concoidea	Rotura propia de materiales frágiles, de composición homogénea, pero sin una forma definida. Se presenta en rocas tales como: la cuarcita y la obsidiana.
Graben	Fosa tectónica limitada por una serie de fallas escalonadas.
Granulometría	Medición y gradación que se lleva a cabo en los materiales sedimentarios y suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los mismos a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Hornblenda	Mineral perteneciente a los llamados silicatos o aluminosilicatos. Es de color oscuro a verde oscuro, los cristales suelen ser opacos, aunque ejemplares pequeños o puros pueden ser transparentes. Forma parte de la composición de muchas rocas, tales como los granitos, los gneises, etc.
Ignimbrita	Roca ígnea volcánica, ácida y compacta. Consiste en una toba formada por cenizas y partículas de silicatos procedentes de la espuma de lavas viscosas producidas en una erupción volcánica.
Inocuo	Que no hace daño.
Labradorita	Mineral perteneciente al grupo de los silicatos denominados feldespatos plagioclasas. Se forma en la cristalización de rocas ígneas y en rocas metamórficas, es muy común en los gabros y en otras rocas ígneas máficas. Posee cierta iridiscencia con un rango de colores desde el azul al violeta, a veces verdes, amarillos o naranjas.
Lignito	Carbón mineral cuya composición es de 60 a 75% de carbono, 20 a 30% de oxígeno y 5,5% de hidrógeno. Es de color negro o pardo, frecuentemente presenta una textura similar a la de la madera de la que procede.

Lutita	Roca sedimentaria detrítica, es decir está integrada por partículas del tamaño de la arcilla y del limo. Es conocida por ser la roca madre o almacén por excelencia, dadas sus condiciones de porosidad y permeabilidad.
Morbilidad	Proporción de personas que enferman en un sitio y tiempo determinado.
Mortero	Mezcla constituida por agua, arena y un aglomerante, como el cemento Pórtland. Puede contener, además, un aditivo.
Nocivo	Tóxico, dañino, perjudicial u ofensivo.
Olivino	Mineral perteneciente al grupo de los silicatos. Es normalmente verde parduzco y se halla en las rocas de origen magmático, especialmente en los basaltos y gabros.
Pebbles	Roca llamada en idioma español guijarro, posee varios colores y texturas, y puede tener vetas de cuarzo y roca sedimentaria de colores diferentes.

Piroxeno	Grupo de minerales perteneciente a los silicatos, es el resultado principalmente del enfriamiento del magma, su composición química incluye aluminio, hierro, magnesio, calcio, sodio y otros elementos en menor cantidad.
Plagioclasa	Mineral perteneciente al grupo de feldspatos de sodio y calcio. Sus minerales principales son la albita y la anortita, posee un color blanco y brillo vítreo nacarado.
Pómez	Roca piroclástica llena de cavidades formadas por burbujas de gas, siendo de textura vesicular, con muchos espacios abiertos no interconectados.
Reactividad	Capacidad de reacción química que una sustancia o especie química presenta ante otros reactivos.
Riodacita	Roca magmática efusiva, intermedia entre una riolita y una dacita, con cuarzo, ortosa y plagioclasa, frecuentemente rica en biotita.
Sorgo	Pertenece a la familia de las gramíneas, y se utiliza para producir grano que sirve para la alimentación del ganado y como forraje.

Tamiz	Malla de filamentos que se entrecruzan formando agujeros cuadrados del mismo tamaño, dicho utensilio se usa para determinar la graduación de los materiales.
Toba	Roca ígnea, ligera, de consistencia porosa, formada por la acumulación de cenizas u otros elementos volcánicos.

RESUMEN

El trabajo de graduación que se presenta a continuación, contiene la evaluación de las características físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de los agregados que se utilizan en Asunción Mita, municipio del departamento de Jutiapa, teniendo como finalidad determinar si los agregados son aptos para utilizarse en concreto estructural.

Se tomaron muestras del agregado fino y grueso de los bancos de materiales Promaco I y Promaco II, ubicados sobre el río Ostúa dentro de la jurisdicción de la Villa de Asunción Mita. Estas muestras fueron analizadas aplicando cinco normas de las especificaciones de la Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales. Para analizar las características físicas del agregado se utilizó la norma ASTM C-33, que brinda los requisitos generales que debe llenar un agregado.

Las propiedades mecánicas se determinaron con la norma ASTM C-131, denominada ensayo de desgaste por abrasión, la cual se aplica sólo al agregado grueso. Para conocer las propiedades mineralógicas y químicas se realizó el examen petrográfico según la norma ASTM C-295 y el ensayo de reactividad potencial ASTM C-289. Para determinar la resistencia a la desintegración del agregado, sujeto a la acción del clima en el concreto se utilizó la norma ASTM C-88.

Con los datos obtenidos mediante los ensayos de laboratorio, se determinó que los agregados de estos bancos cumplen con la mayoría de los requisitos que establecen las normas antes mencionadas, con excepción de la granulometría y el módulo de finura del agregado fino de ambos bancos, cuyo resultado presenta una arena gruesa.

El ensayo petrográfico dio como resultado un agregado fino con elevado contenido de cuarzo, lo que representa un material altamente reactivo con los álcalis del cemento Pórtland. Sin embargo, se considera que sobre estos aspectos es necesario tener control, con el fin de mejorar la calidad del concreto para el cual sea utilizado.

Para verificar su resistencia mecánica en uso, se elaboraron pruebas de concreto y mortero, las cuales fueron ensayadas a compresión y tensión, encontrándose que ninguno de los especímenes ensayados cumplieron con los requisitos que establecen las normas.

OBJETIVOS

- **GENERAL**

Evaluar las propiedades físicas, mecánicas, químicas y petrográficas de los bancos de materiales Promaco I y Promaco II, utilizados para la fabricación de concreto estructural en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa.

- **ESPECÍFICOS**

1. Determinar las propiedades físicas de los agregados finos de ambos bancos de materiales, de acuerdo a los procedimientos y especificaciones que establece la norma ASTM C-33, y con base en dichos resultados, analizar el comportamiento de estos agregados en el concreto.
2. Caracterizar físicamente los agregados gruesos de ambos bancos de materiales, siguiendo los requerimientos especificados en la norma ASTM C-33, y analizar el efecto que las propiedades de los materiales provocan en el concreto.

3. Identificar el comportamiento mecánico de los agregados gruesos provenientes de ambos bancos y determinar si dicho material cumple con el límite de desgaste proporcionado por la norma ASTM C-131; con este resultado, establecer la calidad del agregado para su uso en concreto estructural.
4. Identificar los componentes mineralógicos de las rocas que forman estos agregados por medio del examen petrográfico, para identificar posibles minerales o sustancias reactivas con los componentes del cemento Pórtland.
5. Establecer la reactividad potencial que poseen los agregados finos y gruesos de ambos bancos, y verificar si los minerales contenidos en estos materiales producirán una reacción dañina con los álcalis del cemento Pórtland.
6. Determinar el porcentaje de desgaste y desgaste referido a graduación para los agregados de ambos bancos de materiales, haciendo uso para ello, de los requisitos establecidos en la norma ASTM C-88, y con dichos resultados, establecer el comportamiento de dichos materiales en el concreto.
7. Elaborar mezclas de concreto y mortero para verificar la resistencia mecánica de dichos agregados en condiciones de uso.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional del municipio de Asunción Mita ha repercutido en el incremento de las actividades comerciales, de servicios y residenciales, por lo tanto, es importante, registrar la calidad de los agregados utilizados para la fabricación de concreto estructural; para lograrlo se realizaron una serie de evaluaciones con la finalidad de conocer las propiedades y características que dichos materiales poseen.

Lo anterior constituye el punto focal del trabajo de graduación que se presenta a continuación. Como objeto de estudio se eligieron los dos principales bancos de materiales ubicados en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa.

Para determinar las características que poseen los agregados en estudio se aplicaron las normas ASTM C-33, C-88, C-131, C-289 y C-295, las cuales cubren los ensayos necesarios para determinar la buena calidad de agregados en lo que a propiedades físicas, mecánicas, petrográficas y químicas se refiere.

En el primer capítulo se presenta una descripción detallada de la geología, geografía y demografía propia de la región en donde se ubican los bancos de materiales en estudio. También se presenta la tipología constructiva preponderante en dicho municipio, y por último, se hace mención acerca del alcance de abastecimiento y volumen de comercio propios de los bancos evaluados.

En los capítulos posteriores se describen y localizan los bancos en estudio, luego de ello se presenta una breve descripción teórica de las normas utilizadas en los ensayos y posteriormente se presentan tabulados los resultados con sus respectivos análisis.

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 cuatro.

1. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN

1.1 Zona geológica

Marco geológico regional

La zona de extracción de los bancos Promaco I y Promaco II se encuentra comprendida dentro de la Provincia Volcánica, constituida por aproximadamente 40 volcanes principales, reconocidos como tales. Dicha provincia cubre la parte oeste, sur y este de Guatemala, extendiéndose hacia las otras repúblicas centroamericanas.

Geológicamente está constituida predominantemente por rocas volcánicas de edad Terciaria y Cuaternaria. El vulcanismo Terciario se caracterizó por erupciones fisurales a través de fracturas, produciendo grandes volúmenes de rocas riodacíticas; mientras que las erupciones Cuaternarias se distinguen por flujos de ignimbritas, dacitas, conos andesíticos y domos de lava. En el sureste de Guatemala el vulcanismo cuaternario se distingue, además, por grupos de pequeños conos cineríticos, y coladas basálticas, controlados muchos de estos focos por fracturas norte-sur.

Morfotectónicamente se ubica dentro de la región fisiográfica de las Tierras Altas Volcánicas, cuya actividad volcánica se origina en el Paleozoico y se intensifica en el Terciario. Dicha actividad ha provocado la acumulación de grandes volúmenes de rocas de composición, principalmente, basáltica y riodacítica que han cubierto las rocas preexistentes.

La formación de esta región volcánica fue seguida por un sistema de fallas causadas por tensión local, que en algunos casos, dio lugar a la formación de las estructuras tipo “graben” como el de Jalpatagua, al sur del área de extracción.

Desde el punto de vista tectónico, los bancos de materiales Promaco I y Promaco II, se encuentran bajo la influencia de la falla de Jalpatagua, la cual, constituye un sistema de gran importancia a escala regional, ya que, de acuerdo al conocimiento actual sobre la interacción de placas tectónicas, Guatemala se encuentra en la zona de convergencia de tres placas tectónicas activas.

Esto permite suponer que la falla de Jalpatagua representa una amenaza de riesgo sísmico en la región de tipo tectónico. No obstante por ser una región con un historial de actividad volcánica intensa, también se puede suponer un riesgo sísmico del tipo volcánico o bien una combinación de ambos.

Geología local

El área que comprenden los bancos de materiales Promaco I y Promaco II es constituida por un valle fluvial en donde afloran exclusivamente sedimentos fluviales depositados mayormente por el cauce del río Ostúa y en menor cantidad por el riachuelo Atatupa. Hacia las riveras del río ocurren angostas terrazas aluviales. Tanto el material depositado en el cauce del río como el de las terrazas consisten en arena de grano fino a medio, y pebbles a bloques de composición basáltica derivados de la erosión de las rocas volcánicas que afloran en la parte alta de la cuenca del río Ostúa.

Se distinguen dos eventos de actividad volcánica, uno de edad Terciaria, hacia la cabecera de la cuenca; y otro de edad cuaternaria, desde la parte intermedia hasta su desembocadura en el Lago de Güija.

En la cabecera de la cuenca del río Ostúa afloran predominantemente rocas pertenecientes al Grupo Padre Miguel, de edad Terciaria, que constituyen mayoritariamente una secuencia en capas de basaltos en almohadillas con intercalaciones de flujos de lavas de composición ácida, intermedia a básica. Mientras que desde la parte media de la cuenca del río Ostúa hasta su desembocadura en el lago de Güija, las rocas aflorantes consisten predominantemente en flujos y domos basálticos.

Geomorfológicamente constituye una planicie aluvial con elevaciones promedio de 500 msnm, donde no sobresale rasgo orogénico alguno. Estratigráficamente los depósitos aluviales son de edad reciente y no se presentan estructuras geológicas. Tectónicamente hay influencia de la zona de falla de Jalpatagua.

Las riocitas, ignimbritas y dacitas son rocas cuyo componente mineral predominante es el cuarzo (compuesto de sílice), que hace que dichas rocas no sean aptas para utilizarse en concreto estructural. Mientras la andesita, el basalto y los pebbles poseen cantidades pequeñas de silicio y grandes cantidades de hierro, lo que ayuda a que estas rocas tengan buenas propiedades para ser usadas en concreto estructural.

1.2 Zona geográfica

El departamento de Jutiapa describe un territorio quebrado, montañoso y volcánico; aunque su clima es en general templado, hay zonas de tierra caliente con algunos municipios de clima frío, pues sus alturas oscilan entre 1 233 m en Conguaco, y los 407 m sobre el nivel del mar en Asunción Mita.

Sus principales volcanes son El Chingo que cubre territorio de Atescatempa, Jeréz y parte de la república de El Salvador; El Moyuta en el municipio del mismo nombre; El Suchitán en Santa Catarina Mita; El Amayo en el municipio de Jutiapa y el Tahal en el municipio de El Progreso. También tiene montañas como la de Corral Falso y la de Rincón Grande en Quezada; la de Fortín en Yupiltepeque; la de El Toro y la Nueva Moyuta en Moyuta y la de El Pinal en Jeréz.

Asunción Mita comparte jurisdicción del volcán Ixtepeque; pero la mayor parte de su orografía la conforman 46 cerros que se encuentran distribuidos en todo su territorio, entre los cuales están: Campana, Colorado, Chileño, Mongoy, Ostúa y otros; así como las lomas: del Chichicaste y del Tablón.

Marco hidrográfico regional

El departamento de Jutiapa es bañado por varios ríos y riachuelos, entre ellos el río Paz que sirve de límite divisorio con la República de El Salvador; el río Ostúa que atraviesa Santa Catarina Mita y Asunción Mita; el río Tamazulapa en Asunción Mita; el río El Salado, La Virgen y el Paz en el municipio de Jutiapa y el río Atescatempa en el municipio del mismo nombre.

Además, se pueden mencionar otros ríos de menor dimensión, tales como Pululá, Mongoy, Chalchuapa, San Isidro, El Molino, Los Esclavos que sirve de límite con Santa Rosa, Amayito, Soldado y el Grande.

Asimismo se encuentra el Lago de Güija que sirve de límite entre Guatemala y El Salvador, que comparten los dos países, una tercera parte es de Guatemala y el resto del Salvador. Vecinos a él se encuentran las lagunas de Atescatempa, El Comendador, Pasaco, El Obrajuelo, Moyuta y Laguna Grande, entre los principales.

Hidrografía local

Asunción Mita se encuentra ubicado en una planicie al sur del río Ostúa o Grande de Mita y al norte del río Tamazulapa. Es atravesado por el riachuelo Ataicinco.

El municipio es regado por 14 ríos, 12 riachuelos, 5 zanjones, 75 quebradas, 1 estero, 1 lago (de Guija que sirve de línea divisoria con El Salvador) y 1 laguneta.

Son varios los ríos que bañan sus terrenos, siendo los más importantes el Ostúa, Mongoy, Tamazulapa, La Virgen y Tiucal; cuenta con varios riachuelos como: Ataicinco, Agua Caliente, El Riíto, Las Marías, Las Piletas y otros. También cuenta con los zanjones de Aguilera, de Orozco, del Guacuco, El Aguacate y el Sabilar.

El área de extracción de los bancos de materiales en estudio se encuentra sobre el cauce del río Ostúa, el cual conforma la Cuenca Hidrográfica del Pacífico, que comprende un área de 23 990 km².

El río Ostúa, nace en las montañas vecinas a la Laguna de Ayarza en los municipios de Casillas y San Rafael Las Flores; atraviesa varios municipios de Jutiapa y Jalapa, tomando los nombres de río grande de Jalapa. Se une con las aguas del río Tamazulapa y desemboca en el lago de Güija.

La longitud del río Ostúa es de unos 100 km, con una anchura media de 15 m por 1 m de profundidad. Su cuenca hidrográfica está calculada en 1 490 km².

En función de la variación del régimen de lluvias en Guatemala, se han agrupado las diferentes cuencas que drenan en el país en ocho diferentes regiones hidrológicas (INSIVUMEH, año 2002), y la zona de extracción de los bancos de materiales en estudio se encuentra comprendida en la región hidrológica VIII.

Situación actual del río Ostúa

Un poco más del 50% del territorio nacional aún tiene caudales importantes de agua superficial, aunque las áreas con menos cantidad de agua parecen aumentar, a esto hay que agregar que la contaminación de los ríos es tan seria que si no se toman medidas correctivas en corto plazo, la calidad de las aguas superficiales se verá seriamente afectada.

Información publicada por el INSIVUMEH indica que en promedio tres ríos monitoreados al azar han disminuido 45 000 l/s, en comparación con los dos últimos años y lo preocupante es que esa tendencia se mantiene. Por ahora esta situación no ha afectado las aguas subterráneas, pero a largo plazo, por efectos de la poca infiltración de agua de lluvia, podría ocurrir un colapso de los mantos acuíferos subterráneos.

En general todas las cuencas están sufriendo deterioro de su cantidad de agua, provocado por cambios en el entorno derivados principalmente de la deforestación. La contaminación de los ríos afecta drásticamente la calidad del agua, limitando el uso de sus aguas ya que constituye un riesgo para la salud humana.

Constituye un impacto negativo muy significativo, que la dinámica del cauce del río se vea incrementada con la influencia de lluvias copiosas, que pueden provocar eventos de inundación, afectando a las poblaciones asentadas en las riveras del río Ostúa y áreas adyacentes, lo que constituye un inminente peligro a la integridad humana, además, de pérdidas materiales cuantiosas a los vecinos de la comunidad.

En el área de influencia de los bancos de materiales en estudio los caudales hídricos en época lluviosa son de 10 a 1 000 l/s. Mientras que en época seca es menor a 10 l/s.

La pérdida del suelo por la erosión y el desfogue de aguas servidas al cauce del río Ostúa son factores que alteran de manera creciente los parámetros físicos y químicos que afectan la calidad de las aguas superficiales. Los caudales del río Ostúa básicamente se utilizan para riego de cultivos, en parte para la crianza de ganado y en los asentamientos humanos donde no se cuenta con servicio de agua potable, se utiliza para labores domésticas.

Usos del suelo

Como ya se mencionó oportunamente, los terrenos del área de influencia de los bancos de materiales Promaco I y Promaco II, están constituidos en su mayoría por rocas volcánicas y los suelos son en gran parte con vocación forestal. No obstante la falta de información de los campesinos y la necesidad de tierra, expande la frontera agrícola de manera creciente.

Cuando los suelos exclusivamente de uso forestal son intervenidos para cultivos agrícolas, en corto tiempo, pierden sus nutrientes agotando su fertilidad. Luego, por la lluvia o el viento se producen procesos erosivos hídricos o eólicos respectivamente propiciando la ocurrencia de áreas desérticas.

Datos de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático de la República de Guatemala, indican que los bancos de materiales Promaco I y Promaco II se localizan en un área que actualmente presenta un índice de aridez de 0,65 a 1,50.

Potencial

- Agrícola = 23 601,19 Hectáreas
- Forestal = 25 595,75 Hectáreas
- Protección = 78,78 Hectáreas
- Total = 49 275,72 Hectáreas

Fuente: Sistema de Información Geográfico –MAGA SEGEPLAN- Año 2002

- Las áreas con potencial agrícola y pecuaria, están constituidas por la parte plana del valle que se extiende hacia el oriente de la cabecera municipal, formada por fincas ganaderas de considerable tamaño; y las de pequeñas extensiones, algunas se dedican a la agricultura.

Sin embargo, se requiere que algunos otros sitios como el lago de Guija, la laguna de Atescatempa y el río Ostúa sean declarados como áreas protegidas en vista que la caza, la pesca, la tala sin controles han diezmado la flora y fauna; además, el crecimiento de la población urbana en la villa ha contribuido a contaminar las aguas y a sedimentar aceleradamente la superficie del lago en mención.

- Descripción de Flora y Fauna: la flora esta constituida por diversidad de especies, sobresalen las de conacaste negro y blanco, palo blanco, zapatón, matilisguate, mango, cedro, ceibo, nogal, cuje, madre cacao, chaperno negro y blanco, sálamo (ya casi extinto), talpa-jocote y ciprés entre otros. Entre la fauna silvestre se encuentran: tacuacines, conejos, garrobos, mapaches, serpientes, lagartijas, pájaros, insectos, etc. Entre la fauna doméstica tenemos bovinos, equinos, porcinos, aves de corral.
- El área degradada ambientalmente es del 50%. Debido a la poca atención que se le ha prestado al tema salud en el pasado, no se ha visualizado ni cuantificado el grado de contaminación ocasionado al agua y al suelo por lo que las corrientes del río Ostúa que anteriormente eran reflejo de pureza, han sido contaminadas por la descarga de las corrientes invernales de las aguas servidas de la Villa miteca y la basura arrastrada por las corrientes invernales de la Quebrada de intrínscico.

Pese al esfuerzo realizado por las autoridades municipales, algunos vecinos no conscientes del daño ocasionado, continúan contaminando con basura. En relación con la contaminación del suelo, se debe principalmente al uso de herbicidas y pesticidas químicos que han degenerado los suelos haciéndolos infértiles.

1.3 Descripción demográfica

Aspectos territoriales del municipio de Asunción Mita

- Categoría de la Cabecera Municipal: Villa por Acuerdo Gubernativo del 11 de febrero de 1915.
- Idioma: castellano
- Localización: latitud 14°19'58''; longitud 89°42'34''.
- Extensión: 476 km².
- Altura: 407 msnm.
- Clima: semitemplado
- Distancia a la ciudad capital: 146 km.
- Límites: al norte con Santa Catarina Mita y Agua Blanca (Jutiapa); al este con Aguilar Blanca y la República de El Salvador; al sur con Atescatempa, Yupiltepeque (Jutiapa) y la República de El Salvador, y al oeste con Jutiapa y Yupiltepeque.

- Distribución político-administrativa: 1 villa, 36 aldeas y 73 caseríos
- Zona de vida: bosque seco tropical.
- Lugares de interés turístico: balneario de aguas termales Atatupa, Paseo Mongoyito, y Laguna de Atescatempa. El municipio de Asunción Mita, es el que cuenta con mayor número de atractivos turísticos naturales en el departamento de Jutiapa contando con las siguientes áreas con potencial turístico.

La cuenca del lago de Güija, ubicada al oriente y distante 34 km de la cabecera municipal, colindante con la hermana república de El Salvador. Para llegar a esta cuenca hay que recorrer 5 km de pavimento asfáltico sobre la carretera interamericana hasta llegar al cruce a Güija de allí recorreremos 29 km también de pavimento asfáltico hacia el oriente.

La cuenca del río Ostúa, que atraviesa el territorio municipal, proviene del norte entrando por el municipio de Santa Catarina Mita, atravesando el valle hacia el oriente, desembocando en el lago de Güija, teniendo como potencial turístico los lugares denominados La Vegona, El Balneario, La Poza de la Lechuza, y la Poza de la Ventana.

El Balneario de aguas termales Atatupa, situado al sur de la villa, cuenta con un nacimiento cristalino de agua tibia, salóbrega y una piscina artificial, es muy concurrida durante todo el año por turistas de la región y pobladores locales.

El paseo de Mongoy situado al sur de la villa que a su paso forma bellas cataratas, se encuentra en el km 160 de la ruta Interamericana formada por un pequeño bosque natural de árboles centenarios y las corrientes cristalinas y frescas del río del mismo nombre. El paseo del Mongoyito, y la Poza Azul de Mongoy; las cuevas de San Juan Las Minas y las Lágrimas del Alma. Por último se mencionan los miradores Valle-Mita que son frecuentados tanto por pobladores como por turistas; y los sitios arqueológicos Asunción Mita y Micla.

Tabla I. Estructura y aspectos sociales de la población

Concepto	1998	1999	2000	2002
POBLACIÓN TOTAL	45 169	45 830	46 500	47 781
POBLACIÓN URBANA	9 937	10 083	10 230	10 823
POBLACIÓN RURAL	35 232	35 475	36 270	36 958
Masculino	22 133	22 457	22 785	24 137
Femenino	23 036	23 373	23 715	23 646
Población indígena	903	917	930	960
Población no indígena	44 266	44 913	45 570	46 864
Densidad de población total			49 hab/km ²	49 hab/km ²
Población no pobre	6 324	6 416	6 510	6 704
No. De viviendas área urbana	2 703	2 703	2 703	2 703
No. De centros poblados.	69	69	69	69

Fuente: Jefatura de Área de Salud, Ministerio de Salud Pública, Jutiapa, Año 2002

Tabla II. Estructura etérea

1998	Población	1999	Población	2000	Población
< 1 año	1 337	< 1 año	1 438	< 1 año	1 543
1 a 4 años	5 241	1 a 4 años	5 524	1 a 6 años	7 188
5 a 9 años	6 458	5 a 14 años	12 611	6 a 15 años	11 191
10 a 19 años	11 435	15 a 44 años	9 579	15 a 45 años	20 858

Continuación Tabla II

20 a 24 años	3 845	Resto Pob.	16 678	45 o más	7 449
25 a 59 años	13 629				
60 años y más	3 224				
POB. TOT.	45 169	POB. TOT.	45 830	POB. TOT	46 500

2002	Población
< 1 año	1 234
1 a 6 años	7 412
7 a 12 años	7 703
13 a 15 años	3 669
16 a 19 años	4 578
20 a 64 años	20 493
65 años y más	2 689
POB. TOT.	47 781

Fuente: Jefatura de Área de Salud, Ministerio de Salud Pública, Jutiapa, Año 2002

Tabla III. Población económicamente activa por rama de actividad en porcentaje

Actividad	Total	Urbano	Rural
Agricultura	76,77	35,27	88,41
Comercio	5,29	16,60	2,11
Industria manufacturera	4,10	13,26	1,52
Construcción	3,73	6,92	2,84
Servicios comunales	3,56	10,12	1,71
Administración pública y defensa	3,45	8,86	1,93
Transporte	1,56	4,38	0,76
Financieras, seguros, etc.	0,88	2,44	0,44
Enseñanza	0,43	1,64	0,09
Minas y canteras	0,09	0,04	0,11
Totales	100	100	100

Fuente: X Censo de Población y V de Habitación, Año 1994

Población por grupo étnico en porcentaje:

Población indígena = 2%

Población no indígena = 98%

Fuente: Instituto para el desarrollo urbano y rural sostenible -URBES-
Instituto de Fomento Municipal -INFOM- Año 2002

Educación

Nivel pre-primario:

Inscripción inicial = 727 alumnos

Inscripción final = 745 alumnos

Fuente: Dirección Departamental de Educación - MINEDUC - Jutiapa, Año 2000

Nivel primario:

Población de 7 – 12 años = 7 504

Inscripción primaria = 8 021 alumnos

Tasa bruta de escolaridad = 106,88%

Inscripción de 7 – 12 años = 6 936 alumnos

Tasa neta de escolaridad = 92,43%

Fuente: Jefatura de Área de Salud – Ministerio de Salud Pública, Jutiapa, Año 2000

Nivel básico:

Inscripción inicial = 1 296 alumnos

Inscripción final = 1 072 alumnos

Fuente: Jefatura de Área de Salud – Ministerio de Salud Pública, Jutiapa, Año 2000

Nivel diversificado:

Inscripción inicial = 475 alumnos

Inscripción final = 170 alumnos

Fuente: Jefatura de Área de Salud – Ministerio de Salud Pública, Jutiapa, Año 2000

Cantidad de establecimientos por nivel:

Nivel		No. de establecimientos
Pre-primario	=	22
Primario	=	8
Básico	=	8
Diversificado	=	3

Fuente: Jefatura de Área de Salud, Ministerio de Salud Pública, Jutiapa, Año 2000

Tasa de analfabetismo:

Departamento / Municipio	Tasa
Jutiapa	36,7%
Asunción Mita	31,7%

Fuente: Ministerio de Educación – MINEDUC- Octubre, 2000
Muniguía de Guatemala. INFOM – URBES, Año 2001

Salud

Indicadores básicos (Jutiapa):

Tasa bruta de mortalidad por 1 000 habitantes	=	4,90
Tasa de mortalidad infantil por 1 000 nacidos vivos	=	18,45
Tasa de mortalidad materna por 10 000 nacidos vivos	=	7,21
Tasa global de fecundidad por 1 000 mujeres en edad fértil	=	150,75
Esperanza de vida al nacer en años	=	65,39
Cobertura de vacunación en BCG a niños menores de 1 año en porcentaje	=	99,73
Médicos por 10 000 habitantes	=	1,06
Enfermeras profesionales por 10 000 habitantes	=	0,65
Enfermeras auxiliares por 10 000 habitantes	=	4,28
Comadronas por 10 000 habitantes	=	3,60
Número de médicos	=	41

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. – MSPAS-
Sistema de Información Gerencial de Salud – SIGSA-. Año 2000

Tabla IV. Indicadores específicos (Asunción Mita)

Concepto	1998	1999	2000	2002
Tasa de cobertura	66	51	46	40
Tasa de mortalidad	4,93	4,12	3,57	3,02
Tasa bruta de morbilidad	66	51	46	39
Tasa de mortalidad infantil	7,73	6,1	3,3	2,9
Tasa global de fecundidad	110	132,7	121	121
Tasa de crecimiento vegetativo	2,3	2,1	2,2	2,2
Tasa de mortalidad por infecciones gastrointestinales	0,92	0,87	0,02	0,02
Tasa de mortalidad por infecciones respiratorias agudas	0,36	0,24	0,13	0,13
Médicos por cada 100 habitantes	0,4	0,4	0,4	0,4
Puestos de Salud	6	6	6	6

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social – MSPAS – Área de Salud. Año 2002

Saneamiento

Hogares con servicio de agua potable en porcentaje:

Sin servicio = 26,09

Con servicio = 73,91

Fuente: INFOM-UNEPAR: Sistema Nacional de Información de Agua y Saneamiento. Junio, Año 2001

Hogares con servicio de drenaje y letrina en porcentaje:

Sin servicio = 20,00

Con servicio = 80,00

Fuente: INFOM-UNEPAR: Sistema Nacional de Información de Agua y Saneamiento. Junio, Año 2001

Hogares con servicio de tren de aseo en porcentaje:

Sin servicio = 95,65

Con servicio = 4,35

Fuente: INFOM-UNEPAR: Sistema Nacional de Información de Agua y Saneamiento. Junio, Año 2001

Electricidad

Hogares con servicio de energía eléctrica en porcentaje:

Departamento = Jutiapa

Demanda Potencial = 76 496

Demanda satisfecha por INDE y Empresa Privada = 48 627

Demanda atendida por paneles fotovoltaicos = 211

Índice de cobertura, incluye urbano y rural = 63,8

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – MEM- Año 2000

Aspectos económicos y de infraestructura básica

Agricultura:

Tabla V. Principales cultivos

Tipo de cultivo	Área – HAS.	Jornal/HA.	Producción/HA.
Maíz	1 180	60	82 qq
Frijol	280	57	21 qq
Sorgo (grano)	690	60	67 qq
Sorgo (forrajero)	28	143	No determinado

Continuación Tabla V

Cebolla	350	143	257 millar
Tomate	270	143	1 167 cajas

Fuente: Coordinación Departamental – MAGA- Año 2002

Tabla VI. Áreas con riego

Fuente	Tipo de Riego	Caudal Primario	Área – HAS.
Río Ostúa, Tamazulapa, y Quesalapa	Gravedad, aspersión y goteo.	1,2 m ³ /s	2 000
Subterránea	Goteo	6 l/s	2,80
Total (Áreas con riego)			2 002,8

Fuente: Coordinación Departamental – MAGA- Año 2000

Actividades pecuarias:

- Crianza de Ganado vacuno y porcino

Artesanías:

- Muebles de madera, instrumentos musicales y artículos de cuero.

Índice de pobreza: El 43,62% de la población es pobre, según el mapa de incidencia de la pobreza.

Empleo:

Porcentaje de empleo	=	28,65
Porcentaje de desempleo	=	1,33
Porcentaje de subempleo	=	70,02
Total	=	100

Fuente: Municipalidad de Asunción Mita, Año 2002

Aspectos culturales y de participación social

Organizaciones sociales:

Cofradías	=	0
Asociaciones	=	16
Cooperativas	=	2
Comités de desarrollo	=	75
ONG'S	=	2
Partidos Políticos	=	10

Fuente: Municipalidad de Asunción Mita, Año 2002

Tabla VII. Principales necesidades del municipio de Asunción Mita

Comunidad	Necesidades
Tamarindo	Construcción de un puente, mantenimiento de la carretera, asesoría técnica de agua potable, letrinas.
Girones	Terreno para cementerio, muro de contención, mejoramiento del sistema de agua potable.
Asencios	Construcción de un puente, mejoramiento de carretera, agua potable, letrinas, asistencia técnica pecuaria y agrícola.
Ceibita	Parque de recreación, energía eléctrica, agua potable, carretera y asistencia técnica pecuaria y agrícola.

Continuación Tabla VII

Trapiche Vargas	Centro de salud, letrinas, cancha de futbol, mejoramiento de agua potable, asesoría técnica pecuaria y agrícola y mantenimiento de carreteras.
Las Animas	Drenaje, cancha de futbol, mejoramiento de carretera, salón comunal, asesoría técnica pecuaria y agrícola.
Cerro Blanco	Mejoramiento de carretera, letrinas y asesoría técnica pecuaria y agrícola
San Rafael	Mejoramiento de carretera, letrinas, asesoría técnica pecuaria y agrícola y proyectos productivos.
San Joaquín	Ampliación del servicio de agua potable, mejoramiento de caminos, asesoría técnica pecuaria y agrícola y letrinas
Ujushte	Introducción de servicio de agua potable, mejoramiento de carreteras, conservación de suelos, proyectos de reforestación y construcción de puesto de salud.
Trapiche Abajo	Lavaderos comunales, construcción de centro de salud, mejoramiento de carreteras y proyectos de reforestación y conservación de suelos.

Fuente: Desarrollo Integral de Comunidades Rurales – DICOR – Jutiapa, Año 2000

Infraestructura vial del municipio de Asunción Mita:

Asfalto (km)	=	20
Terracería (km)	=	60
Caminos Rurales (km)	=	20
Total (km)	=	100

Fuente: Municipalidad de Asunción Mita, Año 2002

Servicios municipales de apoyo en la cabecera del municipio de Asunción

Mita:

Plantas de tratamiento de aguas servidas	=	0
Plantas de potabilización y/o cloración	=	0
Sistema de riego	=	1
Mercado	=	1
Cementerio	=	1
Rastro	=	1
Salón comunal	=	2

Fuente: Municipalidad de Asunción Mita, Año 2002

1.4 Tipología constructiva

1.4.1 Vivienda

Tabla VIII. Tipología constructiva de vivienda en el municipio de Asunción Mita

Población	Vivienda tipo colonial % (paredes de adobe y techo de teja)	Vivienda tipo contemporáneo % (paredes de ladrillo o block y techo de lámina o losa)	Rancho % (paredes de bajareque y techo de paja)	Otros % (paredes y techos de madera)
Asunción Mita	80	10	8	2
Tiucal Arriba	40	40	0	20
Tiucal Abajo	30	40	20	10
San Lorenzo	40	0	40	20
El Cerrón	0	0	80	20
El Izote	2	0	78	20
El Ciprés	4	0	76	20

Continuación Tabla VIII

Las Fincas	5	0	80	15
El Pretil	50	0	50	0
San Jerónimo	49	0	51	0
Cola de Pava	60	2	30	8
Playa del Coyol	50	0	50	0
Girones	80	0	10	10
Jicaral	40	0	60	0
La Reforma	30	0	60	10
El Rosario	50	0	50	0
Nueva Estanzuela	50	0	50	0
Chavarría	50	0	50	0
El Pito	40	0	50	10
Asunción Grande	40	0	60	0
Lomas de Chavarría	30	0	60	10
La Lagunilla	40	0	50	10
El Platanar	30	0	70	0
Anguiatú Frontera	0	0	80	20
San Rafael	50	0	50	0
Trapiche Vargas	40	0	60	0
El Tamarindo	51	4	45	0
Los Rivas	50	0	50	0
Trapiche Abajo	60	0	30	10
Sitio Las Flores	50	0	50	0
La Canteada	40	0	60	0
El Guayabo	38	0	62	0
Quebrada Honda	30	0	60	10
Santa Elena	10	0	90	0
Las Pozas	20	0	80	0
Trapichito	60	10	20	10
Loma Larga	30	0	70	0
Aldea Los Llanitos	30	0	60	10
San Juan Las Minas	30	0	70	0
Sitio el Niño	10	0	90	0

Continuación Tabla VIII

San Rafael	12	0	88	0
El Ujushte	5	0	95	0
Las Moritas	10	0	90	0
Shanshul	4	0	90	6
San Matías	5	0	95	0
El Manguito	9	0	91	0
Tablón San Bartolo	5	0	90	5
Valle Nuevo	10	1	80	9
Los Amates	6	2	90	2
San Miguelito	12	0	88	0
Estanzuela	18	0	80	2
Guevara	4	0	90	6
Santa Cruz	10	0	90	0
Las Crucitas	10	0	88	2
Asuncioncita	5	0	95	0
Buenos Aires, Las Crucitas	50	0	50	0
Los Grijalvas	45	0	55	0
San Benito	40	0	60	0
Cerro Blanco	5	0	95	0
Las Animas	4	0	96	0
San Francisco	10	0	90	0
Caserío Los Llanitos	50	20	5	25
Las Ceibitas	8	0	92	0
San Joaquín	10	0	90	0
Caserío El Cerrito	90	1	9	0
San Juan La Isla	20	0	80	0
Paso de Herrera	20	0	80	0
San José Las Flores	10	0	90	0
El Sauce	20	0	80	0

Fuente: Municipalidad de Asunción Mita, Año 2002.

Desarrollo Integral de Comunidades Rurales – DICOR- Año 2002

1.4.2 Vías de Comunicación

Carreteras:

Red vial del departamento de Jutiapa:

Asfalto (km)	=	349
Terracería (km)	=	211
Caminos Rurales (km)	=	88,60
Total (km)	=	648,60

Fuente: Departamento de Ingeniería de Tránsito, División de Planificación y Estudios.
Dirección General de Caminos – DGC- Año 2000.

Puentes:

Tabla IX. Principales puentes ubicados en el municipio de Asunción Mita

Nombre del puente	Ubicación	Tipo	Luz (m)	Accidente geográfico que salvaguarda
Tamazulapa	km. 150 de la carretera Interamericana CA-1	Puente vehicular con superestructura metálica y subestructura de concreto armado	150	Río Tamazolapa
El Tule	Finca El Tule	Puente vehicular con superestructura y subestructura de concreto armado	70	Río Ostúa
de Hamaca	Finca El Cerrito	Puente peatonal de madera con torones de acero y subestructura de concreto armado	85	Río Ostúa
Las Crucitas	Caserío Las Crucitas, km. 143 de la carretera Interamericana CA-1	Puente vehicular con superestructura y subestructura de concreto armado	40	Quebrada Las Lechuzas

Continuación Tabla IX

Tahuapa	Aldea San Jerónimo, km. 155 de la carretera Interamericana CA-1	Puente vehicular con superestructura y subestructura de concreto armado	12	Río Tahuapa
El Vallecito	Villa de Asunción Mita	Puente vehicular con superestructura y subestructura de concreto armado	12	Riachuelo Ataicinco
Ataicinco	Villa de Asunción Mita	Puente vehicular con superestructura y subestructura de concreto armado	9	Riachuelo Ataicinco

1.4.3 Edificios Públicos

Tabla X. Tipología constructiva de los edificios públicos en el municipio de Asunción Mita

Nombre de la entidad	Tipo de construcción
Municipalidad de Asunción Mita	Colonial (paredes de adobe y techo de teja)
Destacamento militar	Contemporáneo (paredes de ladrillo y techo de losa)
Puesto de Salud	Contemporáneo (paredes de block y techo de losa)
Mercado Municipal (antiguo)	Contemporáneo (paredes de ladrillo y techo de lámina)
Mercado Municipal (moderno)	Contemporáneo (paredes de block y techo de losa)
Salón Municipal	Contemporáneo (paredes de block y domo de lámina)
Bomberos Municipales	Contemporáneo (paredes de block y techo de losa)
Estadio Municipal	Muro perimetral de block, graderíos de concreto con techo de lámina
Correos	Colonial (paredes de adobe y techo de teja)
Juzgado	Contemporáneo (paredes de block y techo de losa)
Policía Nacional Civil	Contemporáneo (paredes de block y techo de losa)

Continuación Tabla X

Escuela Nacional de Educación Primaria " Tipo Federación"	Contemporáneo (paredes de ladrillo y techo de losa)
Escuela Nacional de Educación Primaria " La Libertad"	Contemporáneo (paredes de block y techo de losa)
Escuela Nacional de Educación Primaria " Dos de Abril"	Contemporáneo (paredes de block y techo de losa)
Instituto Nacional de Educación Básica Dr. Fernando Sandoval Montalvo	Contemporáneo (paredes de ladrillo y techo de losa)
Iglesia parroquial	Colonial (paredes de adobe y techo de teja)

1.4.4 Actividades comerciales

El municipio de Asunción Mita cuenta con gran diversidad de comercios ubicados en viviendas tipo contemporáneo (paredes de ladrillo o block y techo de losa o lámina) y viviendas tipo colonial (paredes de adobe y techo de teja), además, cuenta con un mercado municipal antiguo, actualmente en funcionamiento, construido de paredes de ladrillo con techo de lámina; y un mercado moderno, en proceso de construcción, construido de paredes de block y techo de losa.

1.5 Área de influencia

1.5.1 Alcance de abastecimiento

1.5.1.1 Municipal

Los bancos de materiales Promaco I y Promaco II son los principales distribuidores de arena y pedrín en la villa de Asunción Mita, abastecen de dichos agregados a la mayoría de aldeas y caseríos pertenecientes al municipio.

1.5.1.2 Departamental

Los bancos de materiales Promaco I y Promaco II han abastecido de agregados a algunos municipios del departamento de Jutiapa, estos son Santa Catarina Mita, Agua Blanca, El Progreso, Atescatempa, Quezada, Yupiltepeque y la cabecera departamental Jutiapa.

1.5.1.3 Regional

Los bancos de materiales Promaco I y Promaco II han sido grandes abastecedores de agregados del departamento de Jalapa específicamente el municipio de Monjas.

1.5.2 Volumen de comercio

1.5.2.1 Cantidad de producción

El banco de material Promaco I posee un volumen de abastecimiento diario de aproximadamente 50 m³ de agregado fino, arena, y 30 m³ de agregado grueso, pedrín; mientras el banco de material Promaco II tiene un volumen de abastecimiento diario de aproximadamente 50 m³ de agregado fino, y 20 m³ de agregado grueso.

1.5.2.2 Demanda municipal

Tabla XI. Número de licencias de construcción para vivienda solicitadas en la municipalidad de Asunción Mita en el año 2009

Licencias de construcción	Número de viviendas solicitadas (por sus componentes materiales)											
	Año 2009		Paredes	Techo	Paredes	Techo	Paredes	Techo	Paredes	Techo	Paredes	Techo
Trimestre	Ladrillo	Teja	Ladrillo	Losa	Block	Teja	Block	Losa	Block	Lámina		
Enero-Marzo	3		16		1		12		5		37	
Abril-Junio	6		3		0		2		3		14	
Julio-Septiembre	1		4		4		6		9		24	
Octubre-Diciembre	0		2		2		9		7		20	
Total	10		25		7		29		24		95	
% de viviendas	10,53		26,31		7,37		30,53		25,26		100	

Fuente: Municipalidad de Asunción Mita, Año 2009.

2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS EN ESTUDIO

2.1 Localización y posicionamiento global de los bancos de materiales

Banco de agregado fino y grueso “Promaco I”

Se encuentra ubicado a 1 700 m del extremo sureste de la Villa de Asunción Mita entre la Finca Piura, Finca La Vega, Aldea Los Llanitos y la Finca El Tule, aguas arriba del río Ostúa y sus coordenadas globales son: latitud norte de 14°19'54,2" y longitud oeste de 89°41'26,4" y con una altitud de 468 msnm.

Figura 1. Área de extracción de material del banco Promaco I



Figura 2. Extracción de material del banco Promaco I



Su acceso es por medio de la carretera CA-1 y luego cruzando el poblado de Asunción Mita en dirección a la carretera departamental 2 hacia Cerro Blanco-Trapiche Vargas en donde se recorren 1 400 m después del límite del poblado hasta llegar al puente sobre el río Ostúa en donde se cruza hacia el sur y se recorren 500 m.

Figura 3. Transporte de material del banco Promaco I



Banco de agregado fino y grueso “Promaco II”

Se encuentra ubicado a 2 150 m del extremo sureste de la Villa de Asunción Mita entre la Aldea Los Llanitos, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca el Coco y la Finca Concepción, aguas abajo del río Ostúa y sus coordenadas globales son: latitud norte de 14°19'11" y longitud oeste de 89°40'06,1" y con una altitud de 459 msnm.

Figura 4. Área de extracción de material del banco Promaco II



Figura 5. Extracción de material del banco Promaco II



Su acceso es por medio de la carretera CA-1 y luego atravesando el poblado de Asunción Mita en dirección a la carretera departamental 2 hacia Cerro Blanco-Trapiche Vargas en donde se recorren 1 400 m después del límite del poblado hasta llegar al puente sobre el río Ostúa, allí se cruza hacia el sureste y se recorren 800 m luego de los cuales se dirige hacia el sur recorriendo 600 m a través de la Finca El Coco.

Figura 6. Transporte de material del banco Promaco II



2.2 Descripción de los bancos

Banco de agregado fino y grueso “Promaco I” y “Promaco II”

En el aspecto legal ambos bancos de materiales tienen la autorización del Ministerio de Energía y Minas para la extracción y explotación de los mismos. La extracción se hace bajo la supervisión del Ministerio de Energía y Minas, tratando de conservar el cauce natural del río y tomando medidas de protección para las orillas del mismo, evitando así provocar daños sobre las propiedades aledañas a la zona de extracción.

El banco de material Promaco I posee una área de extracción de material de 0,15 km² y el banco de material Promaco II de 0,4625 km², ambos están delimitados por los vértices con coordenadas UTM (DATUM NAD27) de la hoja topográfica 2 258 I denominada Atescatempa antes Lago de Huija, cuya escala es 1:50 000 que se indican en los cuadros siguientes:

Tabla XII. Coordenadas UTM del banco Promaco I

Vértice	Norte	Este
1	1585500	209700
2	1585500	210000
3	1585000	210000
4	1585000	209700

Tabla XIII. Coordenadas UTM del banco Promaco II

Vértice	Norte	Este
1	1584700	210150
2	1584700	212000
3	1584450	212000
4	1584450	210150

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Año 2003

La zona de extracción, de ambos bancos de materiales, presenta una geología preponderantemente de rocas volcánicas, pertenecientes al período cuaternario, tales como aluviones y pómez; y del período terciario, basaltos, felsitas, arenitas volcánicas y lahares pertenecientes al Grupo Padre Miguel y lutitas rojas, areniscas y conglomerados con toba interstratificada pertenecientes a las Formaciones Subinal y Guastatoya.

2.3 Tipos de bancos de materiales

Banco de agregado fino y grueso “Promaco I”

Este se clasifica como banco de roca y arena triturada, los agregados pertenecientes a este tipo de banco son extraídos directamente del río y posteriormente triturados y tamizados.

Figura 7. Trituradora de agregado grueso del banco Promaco I



Banco de agregado fino y grueso “Promaco II”

Este se clasifica como banco de grava y arena natural, los materiales extraídos de este tipo de banco son producto del desgaste mecánico de las partículas provocado por las fuerzas de la corriente de río, dándoles forma aplanada y aristas redondeadas a los agregados.

Figura 8. Zarandas utilizadas para tamizado del agregado fino de los bancos Promaco I y Promaco II



Figura 9. Recolección de agregado fino del banco Promaco I



Figura 10. Recolección de agregado grueso del banco Promaco II



2.4 Reservas estimadas

Las reservas que posee el lecho del río en las zonas de extracción son variables, ya que anualmente en época de invierno estas zonas tienen una recarga de entre el 90% y 110% de lo extraído en los bancos.

Figura 11. Excavadora encargada de extraer material del río Ostúa para los bancos Promaco I y Promaco II



Figura 12. Proceso de carga de agregado fino de los bancos Promaco I y Promaco II para su posterior distribución



El banco Promaco I tiene en reserva apilada aproximadamente 100 m^3 de arena y $5\,200 \text{ m}^3$ de piedrín, mientras que el banco Promaco II tiene en reserva apilada un aproximado de $1\,300 \text{ m}^3$ de arena y $2\,300 \text{ m}^3$ de piedrín. En cada uno de los bancos de materiales se extraen anualmente del lecho del río un aproximado de $2\,500 \text{ m}^3$ de arena y piedrín.

Figura 13. Vista panorámica oeste del lugar de apilamiento del agregado fino y grueso de los bancos Promaco I y Promaco II



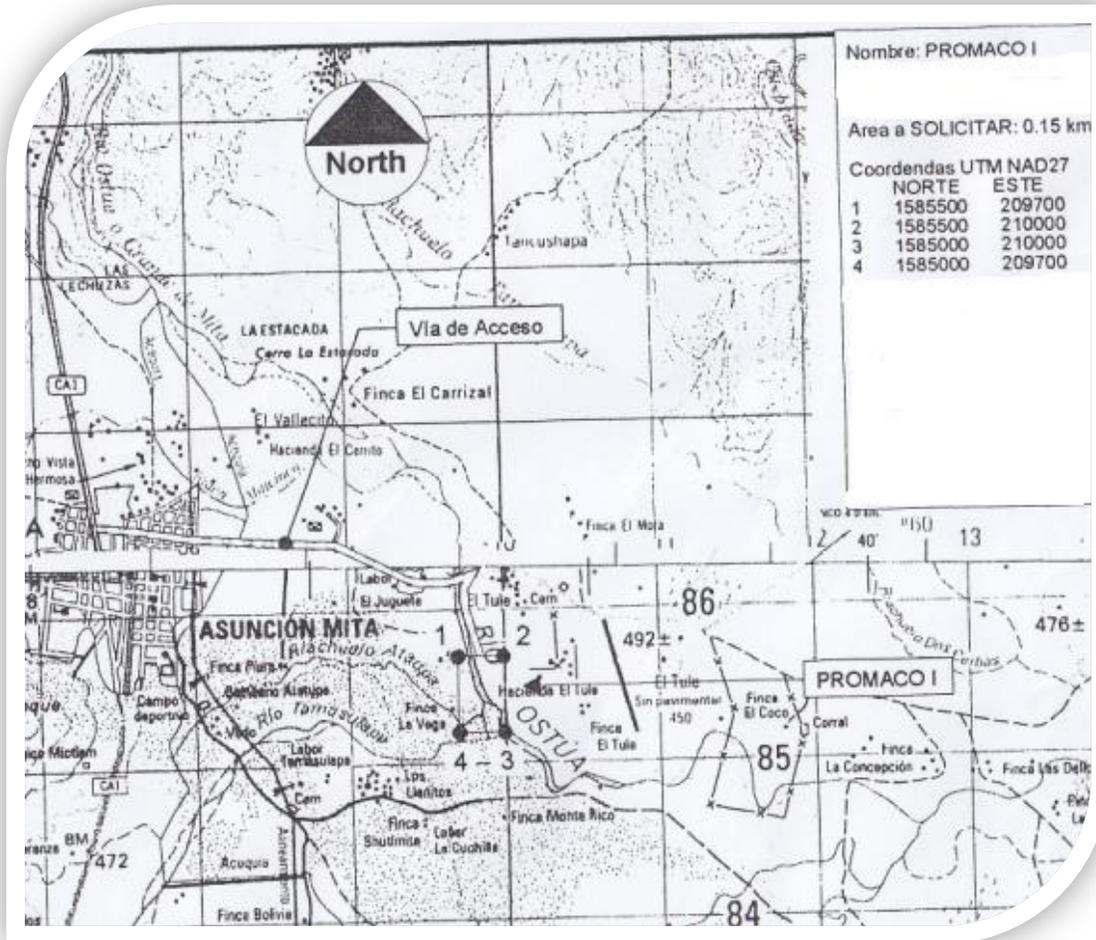
Figura 14. Vista panorámica central del lugar de apilamiento del agregado fino y grueso de los bancos Promaco I y Promaco II



Figura 15. Vista panorámica este del lugar de apilamiento del agregado fino y grueso de los bancos Promaco I y Promaco II

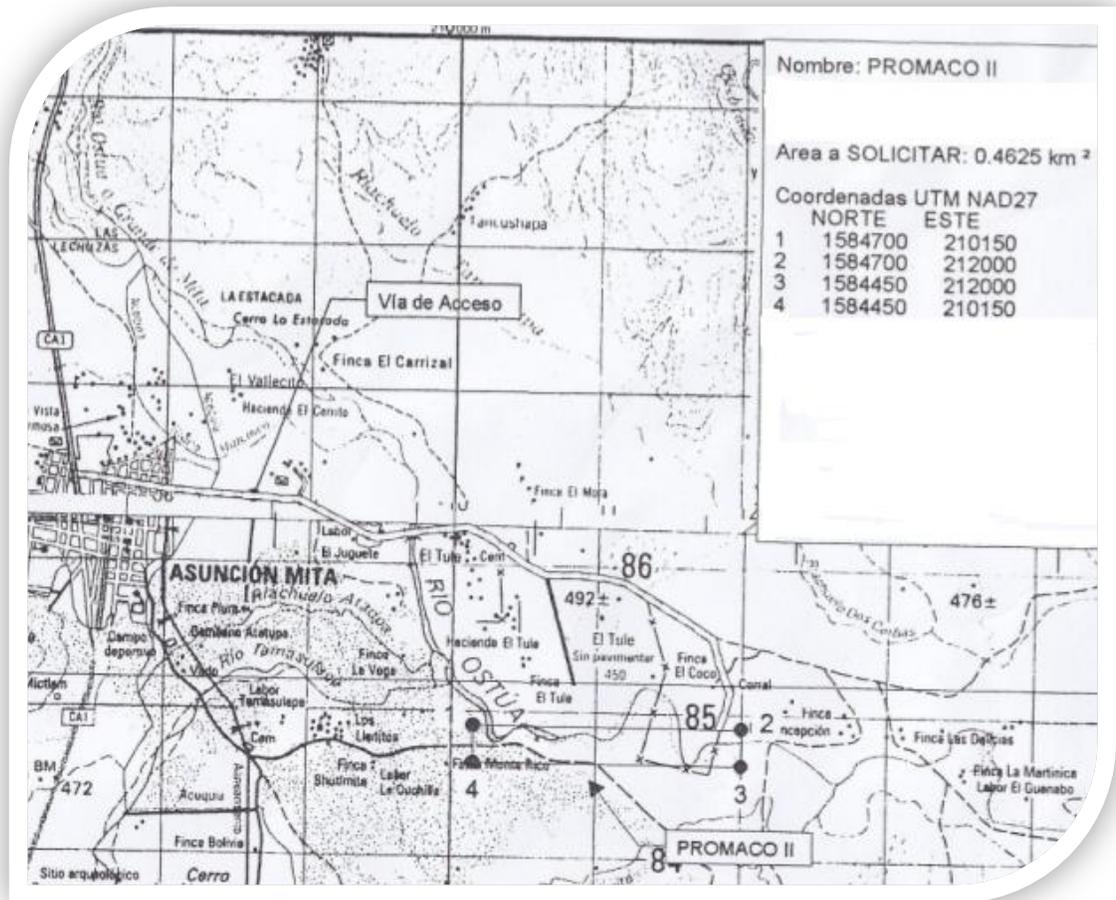


Figura 16. Ubicación geográfica y acceso del banco de material Promaco I



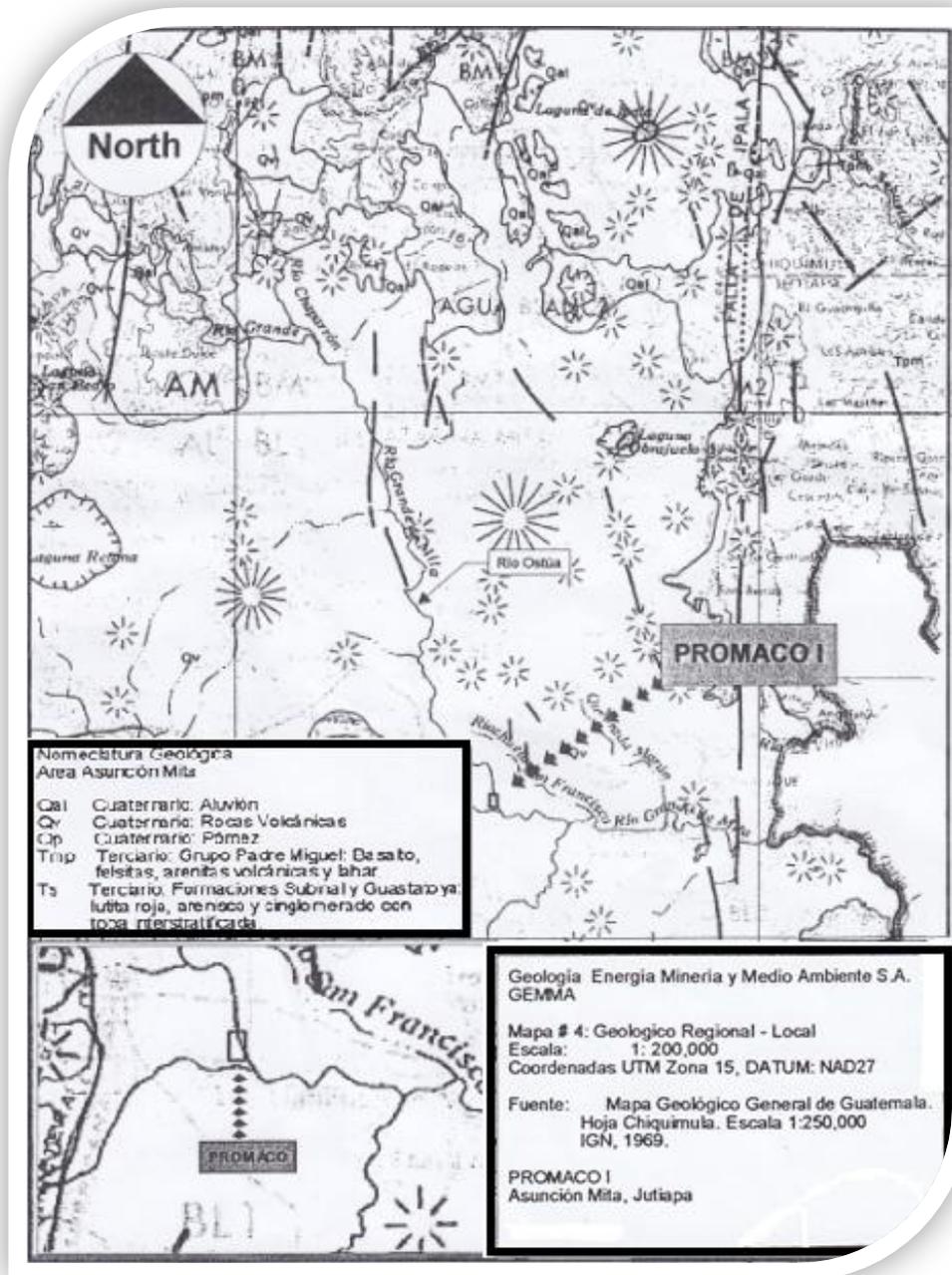
Fuente: Hoja topográfica 2 258 I Atescatempa

Figura 17. Ubicación geográfica y acceso del banco de material Promaco II



Fuente: Hoja topográfica 2 258 I Atescatempa

Figura 18. Descripción geológica del banco de material Promaco I y Promaco II



Fuente: Mapa Geológico General de Guatemala, Hoja Chiquimula (IGN)

3. ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1 Tabulación, análisis e interpretación de resultados

Descripción general de la norma ASTM C-33

La norma define los requerimientos de graduación y calidad de los agregados fino y grueso que serán usados para concreto estructural, por lo que es considerada adecuada para asegurar materiales satisfactorios para la mayoría de concretos.

Agregado Fino

Los agregados finos consisten en arenas naturales, arenas manufacturadas o combinación de ambas.

Granulometría

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites que se muestran en la tabla XIV.

Tabla XIV. Límites de graduación para el agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
3/8" (9,5 mm)	100
No. 4 (4,75 mm)	95 a 100
No. 8 (2,36 mm)	80 a 100
No. 16 (1,18 mm)	50 a 85
No. 30 (600 µm)	25 a 60
No. 50 (300 µm)	10 a 30
No. 100 (150 µm)	2 a 10

Fuente: Normas de la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales, Vol. 004-03. Pág. 10

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

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

Tipo de arena	Módulo de finura (g)
Gruesa	2,9 – 3,2
Media	2,2 – 2,9
Fina	1,5 – 2,2
Muy fina	1,5

Fuente: Román Avila, Luis. Examen petrográfico y análisis mineralógico de los bancos de materiales de la ciudad de Chimaltenango. Pág. 3

El módulo de finura no deberá ser menor de 2,3 ni mayor de 3,1 y si varía más del 0,20 del valor asumido al seleccionar las proporciones para concreto deberá ser rechazado a menos que se verifiquen ajustes adecuados con el objeto de compensar la diferencia de graduación.

Sustancias nocivas para el agregado fino

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

Tabla XVI. Límites de sustancias nocivas en agregados finos

Sustancia	Porcentaje máximo en peso del total de la muestra
Arcilla y partículas disgregables	3,0
Material más fino que el tamiz 200 (75µm):	
Concreto sujeto a abrasión	3,0 [^]
Cualquier otro concreto	5,0 [^]
Carbón y lignito:	
Cuando la apariencia del concreto es de:	
Importancia	0,5
Cualquier otro concreto	1,0

Fuente: Normas de la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales, Vol. 004-02. Pág. 11

[^]En el caso de arena manufacturada, si el material más fino que el tamiz 200 consiste en polvo de fractura, esencialmente libre de arcilla o esquisto, estos límites pueden incrementarse en 5 y 7% respectivamente.

Contenido de materia orgánica

El contenido de impurezas orgánicas puede determinarse por medio de la prueba colorimétrica de impurezas orgánicas, donde, si ésta produce un color más oscuro de lo habitual, mayor que el número 3, será aceptado siempre y cuando se compruebe que el color oscuro se debe a la presencia de pequeñas partículas de carbón, lignito u otras partículas discretas similares.

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

Cuando el agregado fino no cumpla con estos requerimientos puede llegar a ser aceptado, con la condición que el concreto tenga propiedades similares a un concreto fabricado con agregados de la misma fuente y que éste haya dado resultados satisfactorios al ser expuesto a un ambiente con características similares.

Agregado grueso

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

Aunque se ha utilizado concreto de cemento hidráulico triturado como agregado con informes de resultados satisfactorios, su uso puede requerir algunas precauciones adicionales. Puede aumentarse el índice máximo de humedad debido a la aspereza de la clase de agregado.

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

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

Granulometría

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

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

Sustancias nocivas en el agregado grueso

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

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

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

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

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

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

Absorción y contenido de humedad

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

Un cambio de contenido de humedad del 1%, si no se compensa puede cambiar el asentamiento del concreto en 1,5 in y la resistencia en 300 lb/in², es por este motivo que los ensayos de contenido de humedad y absorción deben hacerse. Los agregados pueden estar en alguno de los cuatro estados siguiente:

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

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

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

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

Tamaño de agregado (µm)	Peso de la muestra (g)
Menor de 4,76	200
De 4,76 a 19,0	500
De 19,0 a 38,1	1000
Mayor a 38,1	1000

Fuente: Román Avila, Luis. Examen petrográfico y análisis mineralógico de los bancos de materiales de la ciudad de Chimaltenango. Pág. 4

Peso específico

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

En el caso de los agregados se ha introducido una modificación a la definición anterior. Esto se debe a que se hace necesario determinar el peso del volumen aparente de estos materiales, el volumen sin descontar los poros y espacios libres, entonces; peso específico aparente relativo es la relación entre el peso de un volumen aparente de un cuerpo y el peso de otro volumen aparente de otro cuerpo tomado como comparación, a igual intensidad de la gravedad y en las mismas condiciones de temperatura y presión.

La gravedad específica, como se define en la norma ASTM E-12, corresponde al peso específico relativo; para agregados finos, se determina por métodos descritos en la norma ASTM C-128; y para agregado grueso, ASTM C-127 que consiste en medir el desplazamiento del agua, producido por un peso conocido de agregado en condición saturada y de superficie seca; se usa para este objeto una probeta calibrada.

Peso unitario

El peso unitario de un material es el peso de éste con respecto a su volumen. Este término es el usado en las especificaciones de la ASTM. Se aplica a condiciones de trabajo, tomando como volumen unitario el ft^3 o m^3 .

Al determinar el peso unitario se observa que éste está influenciado por el grado de asentamiento, vacíos, y por el contenido de humedad, por lo que se calcula con el material seco o con distintos grados de humedad, asentado o suelto, según indicación de la norma ASTM C-29.

3.1.1 Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C-33 análisis completo

Se realizaron las pruebas básicas de agregados, según la especificación ASTM C 33, a las cuatro muestras de agregados en estudio. El orden en el que se presentan los resultados es el siguiente: primero se analiza el agregado fino iniciando con las muestras de Promaco I y luego Promaco II, continuando con el análisis del agregado grueso de ambos bancos.

3.1.1.1 Agregado fino del banco Promaco I y del banco Promaco II

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

En la tabla XVIII se muestra la granulometría del agregado del banco Promaco I y su curva granulométrica, en la figura 1, el resto de las propiedades físicas se presentan en la tabla XIX, para luego hacer el análisis respectivo.

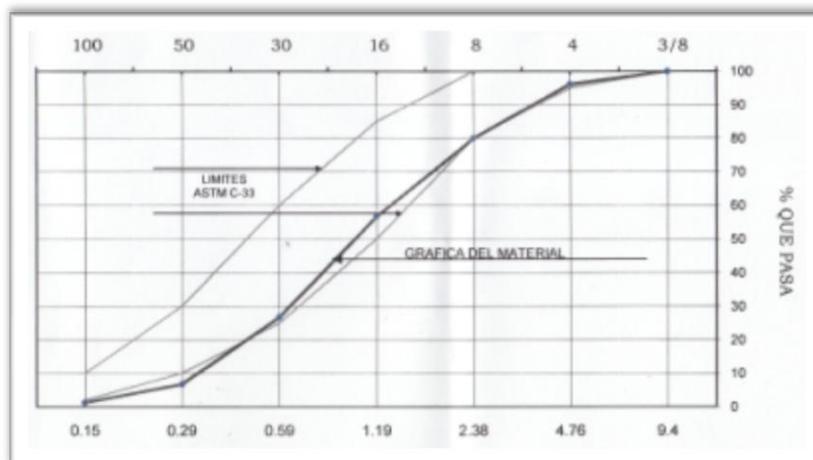
En la tabla XX se muestra la granulometría del agregado del banco Promaco II y su curva granulométrica, en la figura 2, el resto de las propiedades físicas se presentan en la tabla XXI, para luego hacer el análisis respectivo.

Banco Promaco I

Tabla XVIII. Granulometría del agregado fino del banco Promaco I

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
3/8" (9,4 mm)	100,00
No. 4 (4,76 mm)	96,18
No. 8 (2,38 mm)	79,90
No. 16 (1,19 mm)	56,60
No. 30 (600 μm)	26,68
No. 50 (300 μm)	6,68
No. 100 (150 μm)	1,20

Figura 19. Curva granulométrica del agregado fino del banco Promaco I



Fuente: Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino del banco Promaco I entregado por el CII

Tabla XIX. Características físicas del agregado fino del Banco Promaco I

Peso específico	2,53
Peso unitario (kg/m ³)	1 528,9
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 452,34
Porcentaje de vacíos	39,69
Porcentaje de absorción	3,46
Contenido de materia orgánica	2
% retenido en tamiz 6,35	8,54
% que pasa tamiz 200	3,72
Módulo de finura	3,33

Análisis de resultados

La prueba colorimétrica indicó que el contenido de materia orgánica en el agregado fino es aceptable ya que el límite establecido es 3. El agregado muestra un contenido de vacíos alto, lo cual afectará la resistencia del concreto para el cual sea utilizado. El porcentaje retenido en el tamiz 6,35 es de 8,54, lo cual indica que el material fino posee una leve cantidad de agregado grueso, dicho material afectará la granulometría del agregado fino. El módulo de finura que posee este agregado es de 3,33, lo que significa que se tiene una arena muy gruesa que no cumple con los límites requeridos en la norma.

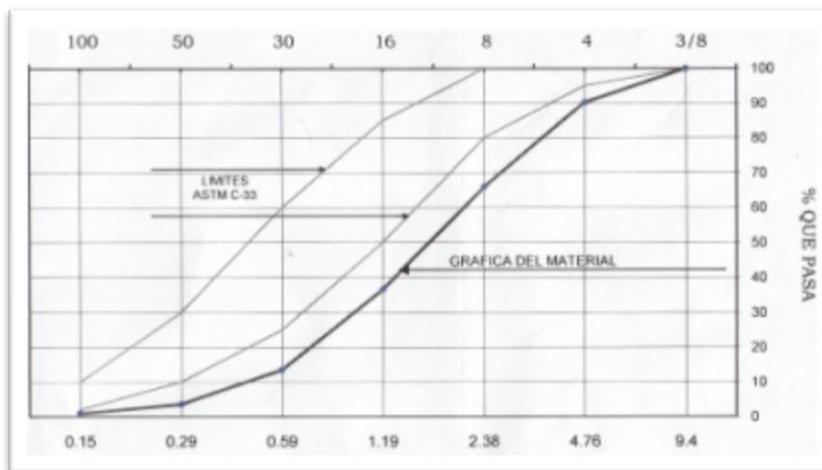
El porcentaje que pasa el tamiz 200 se encuentra dentro de los límites especificados para arena natural. En la gráfica de la figura 1 se observa una granulometría que no cumple con las especificaciones en su totalidad ya que los dos últimos puntos de la granulometría están fuera de límite, por lo que se trata de una arena levemente gruesa a la especificada. El peso específico, peso unitario y porcentaje de absorción son características físicas propias de cada material, sirven para elaborar las mezclas de concreto.

Banco Promaco II

Tabla XX. Granulometría del agregado fino del banco Promaco II

Tamiz No.	Porcentaje que pasa
3/8" (9,4 mm)	100,00
No. 4 (4,76 mm)	90,20
No. 8 (2,38 mm)	65,88
No. 16 (1,19 mm)	36,48
No. 30 (600 μm)	13,52
No. 50 (300 μm)	3,56
No. 100 (150 μm)	0,94

Figura 20. Curva granulométrica del agregado fino del banco Promaco II



Fuente: Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino del banco Promaco II entregado por el CII

Tabla XXI. Características físicas del agregado fino del Banco Promaco II

Peso específico	2,55
Peso unitario (kg/m ³)	1 596,67
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 532,65
Porcentaje de vacíos	37,38
Porcentaje de absorción	3,07
Contenido de materia orgánica	2
% retenido en tamiz 6,35	19,34
% que pasa tamiz 200	2,80
Módulo de finura	3,89

Análisis de resultados

La prueba colorimétrica indicó que el contenido de materia orgánica en el agregado fino es aceptable ya que el límite establecido es 3. El agregado muestra un contenido de vacíos alto, lo cual afectará la resistencia del concreto para el cual sea utilizado. El porcentaje retenido en el tamiz 6,35 es de 19,34, indica que el material posee una gran cantidad de agregado grueso, dicho material afectará la granulometría del agregado fino. Se determinó que el módulo de finura del agregado es de 3,89, indicando que dicho material es de arena muy gruesa, no apta para utilizarse en concreto.

El porcentaje que pasa el tamiz 200 se encuentra dentro de los límites especificados para arena triturada. En la gráfica de la figura 2 se observa una granulometría que no cumple con las especificaciones en ninguno de sus puntos, ya que cada uno de ellos están fuera de los límites requeridos por la norma, por lo que se trata de una arena sumamente gruesa a la especificada.

3.1.1.2 Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II

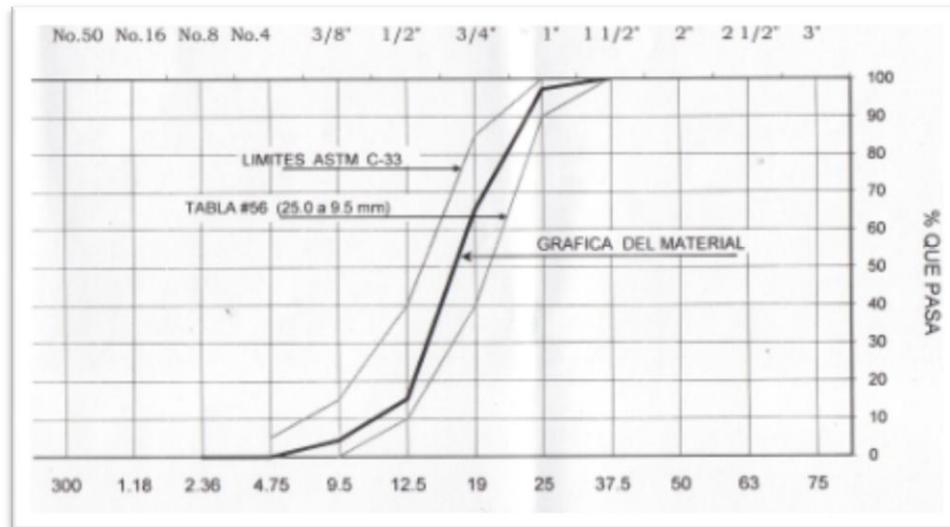
Se practicaron siete ensayos para el agregado grueso a las muestras del banco Promaco I y Promaco II en base a la especificación ASTM C 33, los resultados de estos se presentan a continuación en las tablas XXII, XXIII, XXIV, XXV y figuras 21 y 22.

Banco Promaco I

Tabla XXII. Granulometría del agregado grueso del banco Promaco I

Tamiz No.		Porcentaje que pasa
(")	(mm)	(%)
1 1/2	37,5	100,00
1	25	97,24
3/4	19	65,34
1/2	12,5	15,31
3/8	9,5	4,33
No. 4	4,75	0,00
No. 8	2,36	0,00

Figura 21. Curva granulométrica del agregado grueso del banco Promaco I



Fuente: Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino del banco Promaco II entregado por el CII

Tabla XXIII. Características físicas del agregado grueso del Banco Promaco I

Peso específico	2,50
Peso unitario (kg/m ³)	1 435,67
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 372,86
Porcentaje de vacíos	42,63
Porcentaje de absorción	1,79
% Tamiz 200	0,00

Análisis de resultados

En la figura 21 se puede observar que la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites que establece la norma ASTM C-33. El resto de propiedades físicas que aparecen en la Tabla XXIII son propias de cada material y son consideradas al realizar la mezcla de concreto.

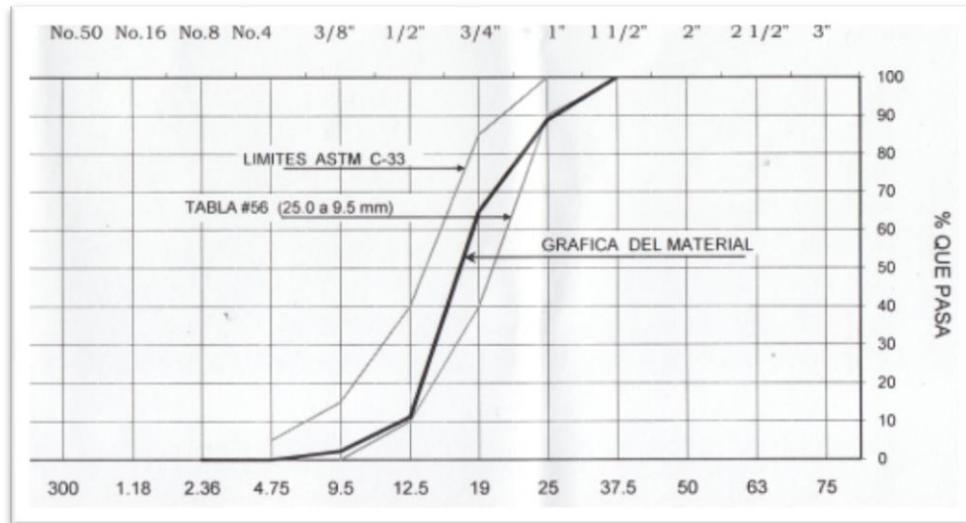
En este caso puede observarse que se trata de un material con peso específico promedio al igual que el peso unitario, además, posee un porcentaje de absorción bajo, lo que indica que el material es bastante denso y poco poroso.

Banco Promaco II

Tabla XXIV. Granulometría del agregado grueso del banco Promaco II

Tamiz No.		Porcentaje que pasa
(")	(mm)	(%)
1 1/2	37,5	100,00
1	25	88,83
3/4	19	64,78
1/2	12,5	11,17
3/8	9,5	2,19
No. 4	4,75	0,00
No. 8	2,36	0,00

Figura 22. Curva granulométrica del agregado grueso del banco Promaco II



Fuente: Informe de la norma ASTM C-33 para agregado grueso del banco Promaco II entregado por el CII

Tabla XXV. Características físicas del agregado grueso del Banco Promaco II

Peso específico	2,52
Peso unitario (kg/m ³)	1 596,81
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1 545,19
Porcentaje de vacíos	36,61
Porcentaje de absorción	1,58
% Tamiz 200	0,00

Análisis de resultados

Según los límites que establece la norma ASTM C-33, se puede observar en la figura 22 que la granulometría está fuera de los límites, solamente en el tamiz de 1", está dentro en los 6 restantes. El resto de propiedades físicas que aparecen en la Tabla XXV son propias de cada material y son consideradas al realizar la mezcla de concreto. En este caso puede observarse que se trata de un material con peso específico promedio al igual que el peso unitario, además, posee un porcentaje de absorción bajo, lo que indica que el material es bastante denso y poco poroso.

Ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles, ASTM C-131

Este método cubre el procedimiento para ensayos de agregado grueso menores de 1½ in (37,5 mm), para determinar su resistencia al desgaste en la máquina de Los Ángeles.

Resumen del método

La prueba de la máquina de Los Ángeles es una medida de la degradación de los minerales en los agregados de graduaciones normales, resultando de una combinación de acciones incluyendo abrasión, impacto y molienda en un tambor rotativo de acero conteniendo un número específico de esferas, que dependerá de la graduación de la muestra.

Mientras el tambor rota, una placa eleva la muestra y las esferas de acero, transportándolas hasta ser soltadas desde la parte opuesta del tambor, creando un efecto de trituración por impacto.

El contenido sigue rodando dentro del tambor con una acción de molienda abrasiva hasta que la placa hace impacto y el ciclo se repite. Después de transcurrido el número de revoluciones preestablecido, el contenido es removido del tambor y la porción de agregado es tamizada para medir el desgaste como el porcentaje de peso perdido.

Aparatos

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

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

El cilindro será provisto de una abertura para poder introducir la muestra del ensayo. La abertura cerrará de modo que sea a prueba de polvo, lo que se logra con una tapadera que se amolde al cilindro y se atornille al mismo. A lo largo de una línea de la superficie interior del cilindro se colocará una placa o paleta de acero removible, proyectada radialmente hacia el centro del cilindro 3½ in y extendida a todo lo largo del mismo.

Las cargas abrasivas consistirán en esferas de acero de un diámetro aproximado de 46,8 mm y cada una pesando entre 390 y 445 g.

Muestra de ensayo

La muestra de ensayo consistirá en agregado que ha sido secado al horno a temperatura de 105°C a 110°C, hasta obtener peso constante. La graduación o graduaciones usadas serán aquellas que representen más adecuadamente el agregado suministrado como muestra.

Procedimiento

- a) Se encuentra la granulometría con una cantidad representativa para obtener los porcentajes y cantidades retenidas, para identificar el tipo de abrasión.
- b) De acuerdo a la cantidad de material, por graduación se clasifica el tipo de desgaste, según la Tabla XXVI.

Tabla XXVI. Tipo de abrasión según granulometría, utilizando 5 000 g de muestra

Tipo	Tamices	Peso Retenido (g)	No. de esferas	Revoluciones	Tiempo (min)
A	1", ¾", ½" y ⅜"	1 250±10	12	500	17
B	½" y ⅜"	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. 04-02.
Págs. 10 y 11

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

3.1.2 Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C-131 abrasión en la máquina de los ángeles

Se realizaron las pruebas siguiendo el procedimiento descrito en la especificación ASTM C-131 a las dos muestras de agregados gruesos en estudio. El orden en el que se presentan los resultados es el siguiente: primero se analiza el agregado grueso del banco Promaco I y luego el material del banco Promaco II.

3.1.2.1 Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II

Banco Promaco I

Se tamizó una cantidad representativa del material del banco Promaco I, según los porcentajes retenidos en cada tamiz se clasificó la graduación como tipo "B". Al realizar el ensayo utilizando la máquina de Los Ángeles se obtuvo un desgaste del 20,24%, la norma establece que no debe exceder del 50%, por lo tanto sí se cumple con los requerimientos especificados y dicho resultado indica que se tiene un agregado grueso con gran dureza y tenacidad, apto para concreto estructural.

Banco Promaco II

Se tomó una cantidad representativa de material del banco Promaco II, se procedió a tamizar, según los porcentajes retenidos en cada tamiz la graduación se clasificó como tipo "A".

Al realizar el ensayo se obtuvo un desgaste del 19,76%, lo cual cumple con lo especificado en la norma e indica que dicho agregado grueso posee gran dureza y tenacidad y que es apto para concreto estructural.

Descripción general de la norma ASTM C-295

Esta práctica perfila el examen petrográfico de muestras representativas de materiales propuestos para agregados a utilizar en concreto. Los procedimientos específicos empleados en el examen petrográfico de cualquier muestra dependerán de la importancia del examen y la naturaleza de la muestra. En la mayoría de los casos el examen requiere del uso de microscopía óptica.

También puede utilizarse procedimientos adicionales como análisis de difracción de rayos X, un análisis térmico diferencial, espectroscopía infrarroja, y otros.

Esta práctica no pretende la descripción de las técnicas a utilizar por el petrógrafo, busca el reconocimiento de las propiedades, características de las rocas, minerales, la clasificación y descripción de la muestra como agregado.

Las rocas y minerales se clasifican según la nomenclatura de la norma ASTM C-294, donde también se describe que tan apropiados son para ser utilizados como agregados.

La identificación de los materiales constituyentes de una muestra es usualmente un paso necesario para poder determinar lo que se puede esperar acerca de la conducta del material en el uso que se le dará.

El valor de cualquier examen petrográfico dependerá en gran parte de la representatividad de las muestras examinadas, la integridad y exactitud de la información así como la habilidad del petrógrafo de poner en correlación estos datos con los del examen, proporcionarán datos acerca de la fuente y propuestas para el uso del material.

Alcance

Los procedimientos que se siguen en el análisis petrográfico de agregados dependen del uso que se le quiera dar a dicho agregado. En ocasiones la petrografía no basta para hacer el estudio y es necesario completarlo con procedimientos como difracción de rayos X. Éste permite clasificaciones más seguras de minerales poco comunes y arcillas.

La determinación de constituyentes no es el fin último del análisis petrográfico, pero si permite efectuar muchas conclusiones importantes a nivel práctico. Lo mas importante es determinar si hay componentes que puedan afectar el comportamiento de un agregado en una aplicación específica, como por ejemplo, determinar y cuantificar los componentes reactivos potenciales de álcalis-sílice, álcali-carbonato y recomendar ensayos que confirmen o no la reacción.

Importancia y uso

El examen petrográfico de agregados se considera como un aspecto de evaluación en el concreto hidráulico, aunque se pueden dar otros usos a este tipo de examen. El examen petrográfico proporciona una identificación de los tipos y variedades de rocas presentes en los agregados potenciales. También se identifican los minerales presentes en la muestra.

El examen petrográfico puede enfocarse específicamente a evaluar la posible presencia de material contaminante en los agregados, como vidrio sintético, carbonillas, escorias, ceniza de carbón, óxido de magnesio, óxido de calcio, suciedad, hidrocarburos, químicos que pueden afectar la conducta del concreto o las propiedades del agregado, excremento animal, plantas o vegetación podrida y cualquier otro contaminante que pueda ser indeseable para el concreto.

Los agregados con alto contenido de sílice pueden producir reacciones dañinas con sustancias alcalinas, Na_2O y K_2O , en un concreto. Estas reacciones pueden ser lentas o tardías, y consisten en la generación de hidróxidos de elementos alcalinos, cuando éstos entran en contacto con el agua y posteriormente al combinarse con sílice hidratada, generan un gel de silicato de sodio hidratado que conlleva a un aumento de volumen de hasta el 50%.

Este cambio de volumen produce fisuras en los agregados y la matriz de cemento, provocando un mal desempeño en la función estructural del concreto y en casos severos pueden darse incluso explosiones internas.

Cuando se trata de rocas carbonáticas, la reacción del álcali con los carbonatos produce igualmente un efecto expansivo que provoca microfisuras, generando en el proceso carbonato de potasio.

Las normas ASTM para determinar la presencia de sustancias y minerales que provocan reacciones con la pasta de cemento Pórtland, a corto, mediano o largo plazo son: el método de la barra de mortero, para determinar la reactividad potencial del álcali (C-227); el método químico, para determinar la reactividad potencial álcali-sílice (C-289); el examen petrográfico (C-295) y el método para determinar la reactividad potencial álcali-carbonato (C-586).

El examen petrográfico se realiza para los siguientes casos:

- 1) Para determinar las características físicas y químicas del material, que puede ser observado por un examen petrográfico a un material que se le dará uso internacional.
- 2) Para determinar las cantidades relativas de los componentes que pueden o no ser apropiadas para la muestra en estudio.
- 3) Descripción y clasificación de los componentes de la muestra.
- 4) Comparar muestras de agregados de nuevas fuentes con una o más fuentes conocidas, para tener registros de los rendimientos en los materiales.

Toma de muestras

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

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

Toma de muestras en canteras no desarrolladas

Para la toma de las muestras en estos lugares se debe realizar una perforación en el lugar, con la profundidad hasta la cual se pretende realizar la explotación. La perforación debe efectuarse en la dirección perpendicular al rasgo dominante de la roca. Las rocas masivas se muestrearán con núcleos de 53 mm o 2 $\frac{1}{8}$ in de diámetro, y para estratificaciones delgadas o materiales complejos deberán tomarse núcleos no menores de 100 mm o 4 in longitudinales.

Se deberá contar con un número adecuado de perforaciones para cubrir los límites de los depósitos propuestos para el proyecto.

Toma de muestras en canteras en operación

Cuando se cuenta con material apilado y en disposición, la muestra representativa no debe tomarse por menos de 45 kg, 100 lb, o bien 300 piezas o segmentos de cualquier tamaño, de cualquier material a examinar. Debe efectuarse una selección de los apilamientos existentes, de esta forma tomar las muestras más representativas con las características de agregado más grande.

Toma de muestras en paredes de canteras fuera de operación

Cuando no se encuentran disponibles los apilamientos de materiales, la muestra representativa tomada no debe ser menor de 2 kg, 4 lb en cada uno de los estratos; una pieza de 0,5 kg, 1 lb, o bien un núcleo como el que se ha descrito con anterioridad.

Toma de muestras en depósitos de arenas y gravas no desarrolladas

Se efectúa muestreo 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 materiales en la tabla XXVII, seleccionado, tanto como sea posible, la representatividad de los depósitos.

Tabla XXVII. Cantidades de material de muestreo para el análisis petrográfico

Abertura del 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 mm (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

Arena y grava natural

Selección de muestras para el examen petrográfico

Las muestras de grava y arena natural para el examen petrográfico se tamizan en seco, para obtener muestras de cada tamaño de tamiz, de acuerdo con el método de la práctica ASTM C-136.

En el caso de las arenas, debe tomarse una cantidad adicional que debe examinarse de acuerdo a la norma ASTM C-117, debe tomarse esta consideración para evaluar en peso seco y sin exceso de humedad la cantidad de material que pasa por el tamiz de 75 μm o el tamiz No. 200.

La fracción de material que es retenido por cada tamiz debe examinarse por separado, iniciando por el material retenido en el tamiz de la medida más grande que se tenga disponible, para facilitar su identificación, puede necesitarse el uso del microscopio estereoscópico para facilitar la identificación de pequeñas partículas

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

El número de partículas a tomar de cada uno de los tamices para ser examinado, será determinado por la precisión que se tenga para obtener los resultados de las muestras menos abundantes. Asumiendo que el campo de prueba y el laboratorio que realiza los procedimientos es exacto y fiable, el número de partículas a examinar, identificar y la cantidad retenida en cada uno de los tamices depende de la exactitud requerida, y de la estimación de los componentes que se encuentren en cantidades pequeñas.

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

Las gravas se examinan para establecer si presentan revestimiento externo, si existe, se determinará si contienen materiales potencialmente dañinos para el concreto (yeso, sales solubles y materia orgánica) y qué tan firme es ese revestimiento.

Si cada fracción tamizada puede clasificarse fácilmente, dentro del tipo de roca, mediante un examen visual, rayado y prueba de ácido, las demás identificaciones pueden omitirse. Las rocas de grano fino que no se pueden identificar microscópicamente y que pueden contener componentes dañinos para el concreto, serán examinadas mediante microscopia petrográfica.

Examen de arena natural

El procedimiento para el examen de la arena natural es similar al examen de grava, haciendo la diferencia solamente al tamaño de las partículas.

Se sugiere que la muestra sea extendida en un piso o plato con fondo de vidrio, con fórceps para la manipulación de los granos y aguja para disecar. La identificación de granos en el tamaño de arenas gruesas es a menudo más fácil cuando los granos simplemente se sumergen en agua. El análisis de la reducción de las partículas sumergidas muestran rasgos de un diagnóstico que no puede darse cuando el grano se encuentra seco.

Existen varias excepciones a estas generalidades, donde el examen es difícil. El examen incluye el de la superficie natural, seco y húmedo; el examen de una superficie fracturada, seco y húmedo; el de una superficie perforada y la prueba de ácidos.

Si después de realizar todas estas evaluaciones el grano no es identificado, el petrógrafo debe recurrir a la utilización del microscopio estereoscópico, también si se sospecha que la muestra contiene sustancias que puedan reaccionar en el concreto.

Para granos más finos que 600 μm (tamiz No. 30) se reducen por cuarteo a aproximadamente 4 o 5 g, el volumen será normalmente menor que una cucharadita rasa, tomando en cuenta que el número de partículas no debe ser menor de 150.

El examen puede realizarse como el de los granos superiores al tamiz de 600 μm (No. 30) y si es posible auxiliarse con el microscopio petrográfico.

Examen de arena triturada

El procedimiento del examen a seguir es similar al examen de las arenas naturales, con énfasis en la cantidad del grado de fractura, la cantidad y la naturaleza del polvo de rocas desarrolladas por el funcionamiento de la trituración. Si se encuentra disponible el banco donde fue extraída la muestra, el examen puede reflejar información que puede ser de utilidad.

Examen de roca anaquel o roca expuesta

El procedimiento del examen a seguir en este tipo de roca debe ser el estudio de las rocas de forma individual. La muestra consiste de una cantidad relativamente grande de roca fracturada por explosión, es deseable que se examine la muestra completa, ya que se determina de esta forma la variedad relativa de las partículas presentes en la muestra, y evalúa cada una antes del proceso. El proceso subsiguiente debe ser igual al de la roca triturada.

Examen de roca triturada

El examen de roca triturada debe ser similar al examen de roca anaquel, solamente que los datos cuantitativos deben ser obtenidos por medio del conteo de partículas de los fragmentos retenidos en los tamices de forma separada, como se describe en el examen de arenas naturales y arenas gruesas.

Clasificación de roca

Los fragmentos de roca deben ser clasificados por medio del método visual, esto puede realizarse si existe uno o más grupos de fragmentos que sean fácilmente identificables y separados de forma manual, ya sea en una superficie natural, una superficie fracturada, una superficie perforada o un examen de acidez.

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

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

Condiciones de la muestras

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

Debe notarse si existe un tipo de partículas de forma reconocible en condición agrupada, ya que normalmente se encuentran partículas con diferente grado de desgaste en diferentes grupos, que deben ser clasificados en categorías basadas en su condición y comportamiento con el concreto.

Las categorías por las cuales se clasifican son:

- Erosionado y denso.
- Moderadamente erosionado.

O bien pueden clasificarse de la siguiente forma

- Denso.
- Poroso (poroso deleznable).

Normalmente no es factible reconocer más de tres condiciones en función del tipo de roca, ya que normalmente el reconocimiento de una o dos condiciones pueden ser suficientes. Cuando existe un componente importante en grandes cantidades, a veces puede requerir una separación en cuatro grupos según su condición.

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

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

Registros

Debe realizarse una descripción de cada uno de los tipos de roca, para los que se sugiere determinar los rasgos siguientes

- Forma de la partícula.
- Apariencia y textura de la partícula.
- Tamaño del grano.
- Estructura interior, incluso la observación del tamaño de poro, revestimiento del grano y su procedencia.
- Color.
- Composición mineral.
- Condición física general del tipo de roca de la muestra.
- Capas o incrustaciones.
- Presencia de sustancias o componentes conocidos que podrían causar algún tipo de reacción química que afecte el concreto.

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

Cálculos e informes

Se calcula la composición de cada fracción retenida en los tamices de una muestra heterogénea y la composición en promedio ponderada 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. Es conveniente calcular y registrar los porcentajes por docenas en esta presentación.

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. Es conveniente el cálculo y el registro de estos porcentajes expresados en intervalos de 10 %.

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 de 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.

El informe del examen petrográfico debe contener los datos esenciales necesarios para identificar la muestra, la fuente, propósito de uso e incluye una descripción dando la composición y propiedades del material. También, debe incluir los procedimientos empleados en la prueba, una descripción de la naturaleza y las características de cada constituyente importante de la muestra, acompañado de tablas y fotografías según sea necesario.

Los hallazgos y conclusiones deben ser expresados en términos comprensibles para las personas que tomen la decisión de la conveniencia del material para ser usado como agregado en el concreto.

Cuando en una muestra han sido encontrados constituyentes conocidos por sus propiedades dañinas al concreto, las mismas deben ser descritas cualitativamente y su posible magnitud de forma cuantitativa.

Los efectos desfavorables que se espera sucedan deben mencionarse, así como incluir recomendaciones considerando un examen petrográfico adicional, químico, físico o investigación geológica que deba ser necesaria para evaluar propiedades adversas que fueron indicadas en el examen petrográfico.

3.1.3 Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C-295 examen petrográfico

El análisis petrográfico se realizó en dos partes, la primera fue el análisis con un microscopio estereoscópico del agregado fino en el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas, y la segunda fue un análisis químico de óxidos para determinar el tipo de roca que constituía ambas muestras de agregados. Los resultados se presentan y analizan a continuación iniciando con el agregado fino y luego el agregado grueso.

3.1.3.1 Agregado fino del banco Promaco I y del banco Promaco II

3.1.3.1.1 Componentes líticos

El ensayo para determinar los componentes líticos en ambas muestras se realizó por medio de una evaluación visual del geólogo, respaldado por los resultados del ensayo realizado en el laboratorio de Química Industrial del Centro de Investigaciones.

3.1.3.1.2 Contenido mineral proveniente de la granulometría

Utilizando el material tamizado del ensayo de granulometría se realizó el análisis petrográfico para cada número de tamiz, No. 4, 8, 16, 30, 50 y 100, haciendo cuarteos y contando un mínimo de 150 partículas cuando se disponía de ellas. Luego se clasificó el tipo de partículas y minerales que contenía cada muestra utilizando un microscopio estereoscópico.

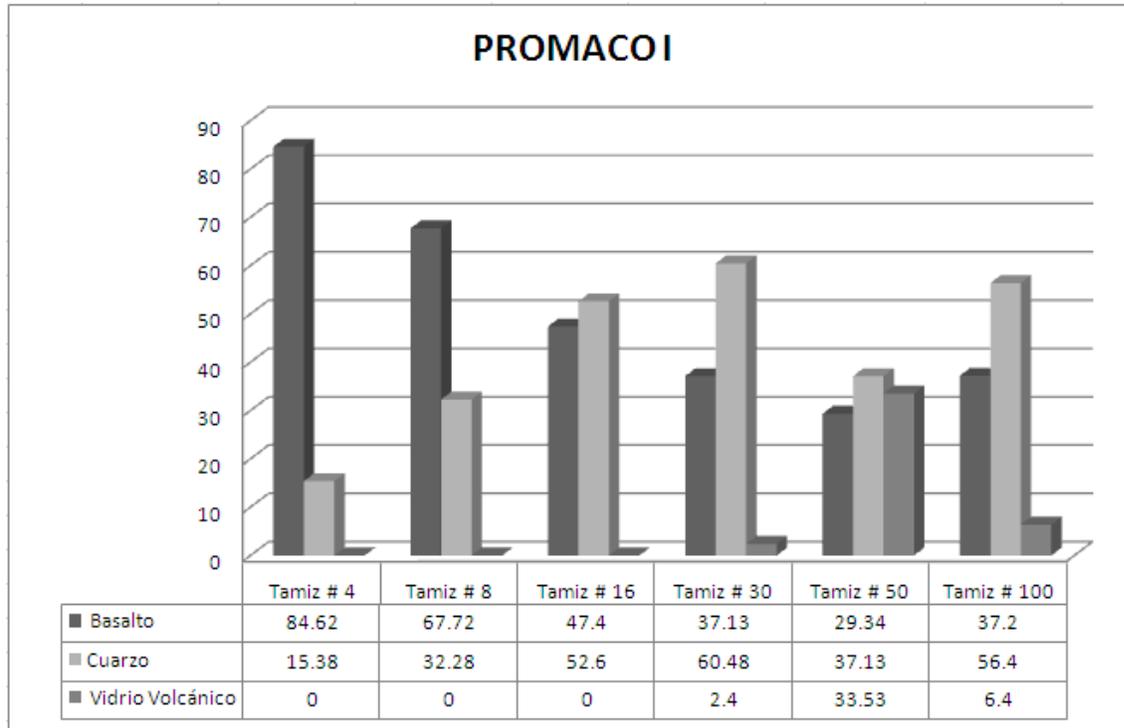
Para determinar los elementos que componen las muestras en estudio, fue necesaria la utilización de un microscopio estereoscópico binocular de marca Wild, modelo M3Z Heebriugg-Switzerland, con aumentos de 6,5 X 40. Las partículas se clasificaron en tres tipos, estos son: basalto, cuarzo y vidrio volcánico.

Banco Promaco I

Tabla XXVIII. Conteo de los componentes que conforman el agregado fino del banco Promaco I

Nombre de mineral o roca	Número de partículas por tamiz					
	Tamiz # 4	Tamiz # 8	Tamiz # 16	Tamiz # 30	Tamiz # 50	Tamiz # 100
Basalto	143	128	91	62	49	93
Cuarzo	26	61	101	101	62	141
Vidrio Volcánico	0	0	0	4	56	16
Totales	169	189	192	167	167	250

Figura 23. Distribución en % de los diferentes componentes del agregado fino según el número de tamiz

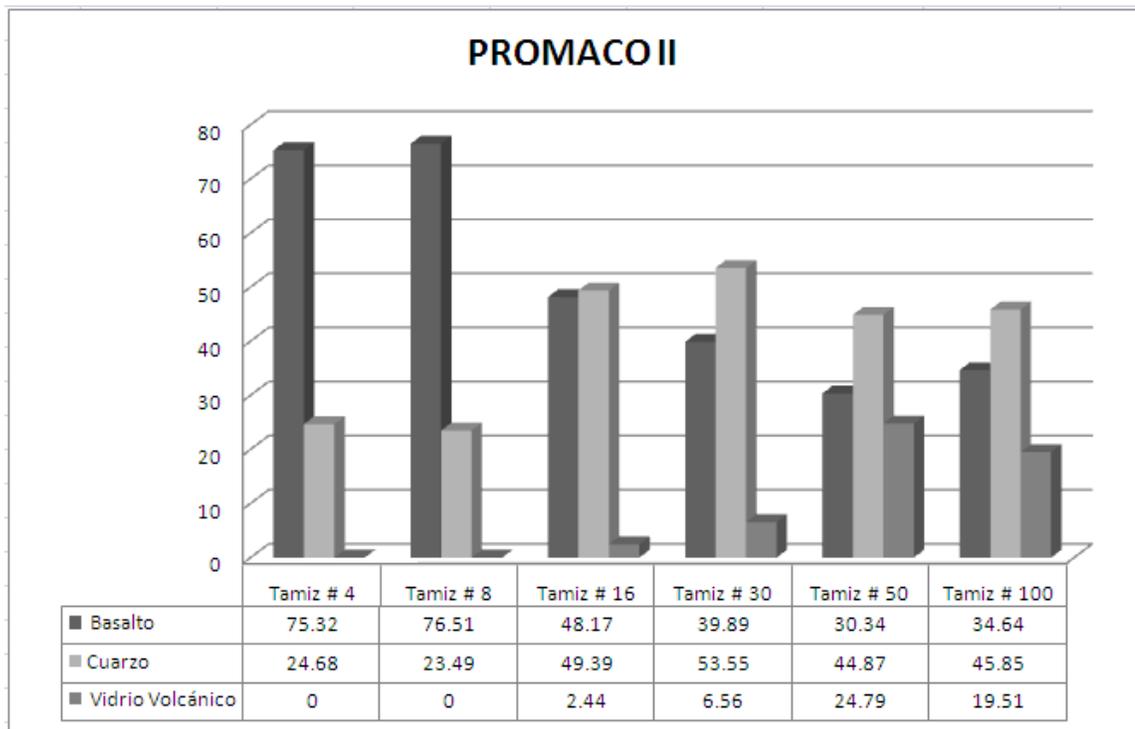


Banco Promaco II

Tabla XXIX. Conteo de los componentes que conforman el agregado fino del banco Promaco II

Nombre de mineral o roca	Número de partículas por tamiz					
	Tamiz # 4	Tamiz # 8	Tamiz # 16	Tamiz # 30	Tamiz # 50	Tamiz # 100
Basalto	116	127	79	73	71	142
Cuarzo	38	39	81	98	105	188
Vidrio Volcánico	0	0	4	12	58	80
Totales	154	166	164	183	234	410

Figura 24. Distribución en % de los diferentes componentes del agregado fino según el número de tamiz



Análisis de resultados

Como puede observarse, en los resultados de las Tablas XXVIII y XXIX, el material de ambos bancos está compuesto principalmente de roca denominada basalto, roca ígnea volcánica que se compone mayormente de piroxeno y olivino, con un alto contenido de hierro y cantidades menores de feldespato y cuarzo, por lo que es considerado no dañino.

Además, la muestra está compuesta de cantidades considerables de cuarzo, mineral compuesto de sílice, el cual es considerado altamente reactivo y por último el material presenta un contenido relativamente pequeño de vidrio volcánico, también dañino para el concreto.

Como puede observarse en las gráficas de la figura 23 y 24, los agregados finos de ambos bancos de materiales presentan un contenido elevado de cuarzo, mineral compuesto de sílice, retenido en los tamices No. 16 al No. 100.

Tomando en consideración estos resultados, estudios anteriores de laboratorio y la experiencia de personas que de forma continua fabrican concreto, se determinó que un contenido elevado de cuarzo en los agregados provoca una expansión excesiva y reacciones químicas perjudiciales del tipo sílice-álcalis con el cemento, tales como un bajo desarrollo de la resistencia del concreto y un alto calor de hidratación, por lo tanto no es adecuado el uso de estos agregados para concreto estructural.

3.1.3.2 Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II

3.1.3.2.1 Composición química

Tabla XXX. Composición química de las rocas identificadas en el agregado grueso del banco Promaco I y Promaco II

Constitutivo	Basalto	Dacita
SiO ₂	48,4	54,5
TiO ₂	1,8	1,4
Al ₂ O ₃	15,5	17,2
Fe ₂ O ₃	2,8	3,2
FeO	8,1	4,6
MnO	0,17	0,16
MgO	8,6	3,2
CaO	10,7	5,8
Na ₂ O	2,3	5,1
K ₂ O	0,7	3,6
H ₂ O	0,7	0,8
P ₂ O ₅	0,27	0,39
Número de análisis	637,00	810,00

Fuente: S.R. Nockolds, Average Chemical Compositions of some Igneous Rocks, Bull. Geol. Soc. Am., 1954.

3.1.3.2.2 Ensayo petrográfico

El examen de la muestra de agregado grueso de los bancos Promaco I y Promaco II, fue realizada, por el geólogo, de forma macroscópica, reflejando las siguientes características para cada tipo de roca o mineral identificado en el material:

Nombre de roca: basalto

Color: gris oscuro a negro

Textura: afanítica

Estructura: vesicular y lisa

Tipo: roca ígnea

Nombre de roca: brecha basáltica

Color: gris oscuro a negro

Textura: afanítica

Estructura: vesicular y lisa

Tipo: roca ígnea

Nombre de roca: dacita

Color: café rojizo

Textura: afanítica

Estructura: vesicular

Tipo: roca ígnea

Nombre de mineral: cuarzo

Color: claro

Textura: afanítica

Estructura: lisa

3.1.3.2.3 Ensayo de composición mineralógica

Tomando en consideración el análisis macroscópico de las muestras de agregado grueso del banco Promaco I y Promaco II, para determinar su composición mineralógica, se obtuvieron los siguientes resultados para el basalto, brecha basáltica, dacita y cuarzo:

Basalto: es una roca ígnea volcánica. Se compone mayormente de piroxeno y olivino el cual se encuentra por regla general, solo en los fenocristales, posee un alto contenido de hierro y cantidades menores de feldespato y cuarzo. La labradorita es el principal constituyente de la masa, mientras que pueden aparecer en fenocristales plagioclasas más cálcicas como la bytownita y anortita. La augita está generalmente presente tanto en fenocristales como en la masa, en ciertos basaltos aparecen la hornblenda y la biotita pardas.

Brecha basáltica: son rocas de grano grueso compuestas por fragmentos angulosos de otras rocas, que se mantienen juntos mediante un cemento mineral. La brecha basáltica en estudio presentó una combinación de basaltos con incrustaciones de cuarzo.

Dacita: es una roca ígnea volcánica con alto contenido de hierro. Se compone principalmente de feldespato plagioclasa con biotita, hornblenda, y piroxeno (augita). Posee una textura afanítica con cuarzo en forma de fenocristales redondeados corroídos, o como elemento de su pasta base.

Cuarzo: es un mineral compuesto de dióxido de silicio, también llamado sílice, SiO_2 . Es un tipo de óxido cuyo color puede ser blanco, transparente, rosa, rojizo o negro, su raya es blanca, su lustre es vítreo, presenta una fractura concoidea y posee un dureza de 7 en la escala de Mohs.

Análisis de resultados

El agregado grueso del banco Promaco I y Promaco II está compuesto principalmente de basalto seguido de proporciones menores de brecha volcánica, dacita y cantidades mínimas de cuarzo. La norma ASTM C-294 considera que las rocas de tipo volcánico pueden ser utilizadas como agregado, en el caso particular del basalto, material predominante en el agregado grueso en estudio, es considerado un material con un contenido aceptable de sílice, por lo tanto este material es adecuado para usarse en concreto estructural.

Descripción general de la norma ASTM C-289

Aplicación y uso

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 1N 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 o la reactividad álcali-sílice puede ocurrir.

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 ASTM C-227 y ASTM C-295, método de la barra de morteros y análisis petrográfico, respectivamente.

Selección y preparación de la muestra

Este ensayo es aplicable tanto a agregado fino como grueso; 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 300 μm o 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 pasan el tamiz No. 100. Reservar la porción retenida en el tamiz de 150 μm como muestra para el ensayo.

Procedimiento de la reacción

Pesar tres porciones representativas de $25 \pm 0,05$ g de la muestra seca comprendida entre 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 $80 \pm 1^\circ\text{C}$. 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 min hasta menos de 30°C . Inmediatamente después de haberse enfriado los recipientes, se filtra la solución del residuo del agregado.

Al completar la filtración, se agita el filtrado para asegurar homogeneidad y luego se toma una alícuota de 10 cm^3 del filtrado y se diluye 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.

Sílice disuelta por el método gravimétrico

Se transfiere por un tubo de 100 ml de la solución diluida a un plato evaporado, preferiblemente de platino, para mejorar la velocidad en evaporación agregar de 5 a 10 ml de HCl y evaporar en un baño de vapor sin calefacción, el residuo extra se prueba con 5 a 10 ml de HCl y después agregar una cantidad igual de agua o 10 a 20 ml de HCl (1+1) sobre el residuo.

Cubrir el plato y dejar absorberlo por 10 minutos en el baño a vapor en un plato caliente. Diluir la solución con un volumen igual de agua caliente, inmediatamente después debe filtrarse en un grado cuantitativo con filtro de papel de poca ceniza, para luego lavar la sílice separada (SiO_2) con agua caliente y conservar el residuo.

Sílice disuelta por el método fotométrico

Este método es aplicable para la determinación de cristales de la sílice en todas las soluciones líquidas. Excepto aquellas de excesivo color pero ésta no determinará la sílice total. El método es particularmente aplicable para un control rápido de análisis diluible bajo 10 ppm.

Interpretación de los resultados

Se han publicado 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.

Con base a esta información, se ha dibujado la curva indicada en el anexo. Si cualquiera de los tres puntos R_c y S_c quedan situados en el lado dañino de la curva, esto indicará un grado potencial dañino de reactividad alcalina. Sin embargo, agregados potencialmente dañinos, que en principio pueden ser extremadamente reactivos con los álcalis y que aparecen representados por puntos que están situados por encima de la línea de trazos del resultado de laboratorio, pueden producir expansiones relativamente bajas.

A pesar de esto, se considerará que estos agregados indican un grado de reactividad potencial dañino, hasta tanto se demuestre el carácter inocuo del mismo, por medio de datos sobre su uso o por ensayos suplementarios.

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.

Reducción en alcalinidad

Transferir por un tubo de 20 ml de la solución diluible a un frasco de 125 ml Erlenmeyer, agregar de 2 a 3 gotas de solución fenolftaleína y triturar con 0,05 N HCl a la solución de fenolftaleína y terminar.

3.1.4 Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C-289 reactividad potencial

Se realizó el ensayo de reactividad potencial a cuatro muestras provenientes del banco Promaco I y banco Promaco II (agregado fino y agregado grueso), para determinar la capacidad reactiva potencial de incremento de volumen a mediano y largo plazo de sus componentes silícicos con los álcalis (Na_2O y K_2O) del cemento Pórtland. Los resultados se muestran en las tablas XXXI y XXXII y figura 25.

3.1.4.1 Agregado fino del banco Promaco I y del banco Promaco II

Tabla XXXI. Resultados del ensayo de reactividad potencial en el agregado fino del banco Promaco I y Promaco II

Muestra	Resultado
Agregado fino: Promaco I	INOCUO
Agregado fino: Promaco II	INOCUO

Análisis de resultados

El ensayo de reactividad potencial se le aplicó al agregado fino de ambos bancos, y debido a que los agregados de estos bancos se extraen del mismo río, es de esperarse tengan las mismas propiedades químicas y por ende resultados iguales o parecidos. El resultado del ensayo de reactividad potencial en ambas muestras fue inocuo, lo cual indica que los minerales silícicos que poseen estas rocas no producirán una reacción dañina con los álcalis del cemento Pórtland.

Sin embargo, esta norma aclara en su tercer inciso que la información obtenida con este ensayo no es completamente fiable en todos los casos y debe complementarse con el ensayo petrográfico (ASTM C-295).

3.1.4.2 Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II

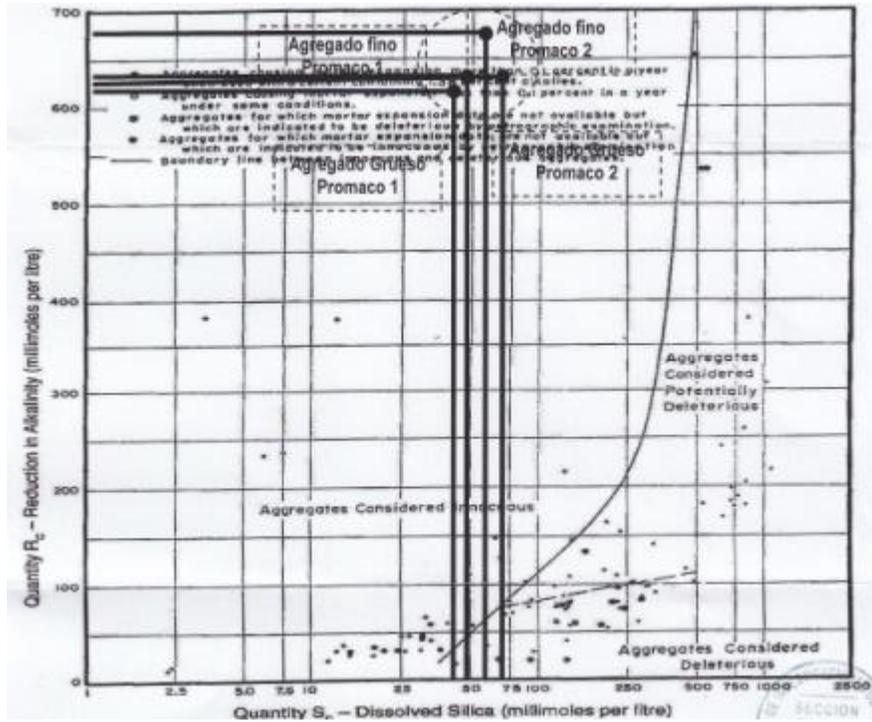
Tabla XXXII. Resultados del ensayo de reactividad potencial en el agregado grueso del banco Promaco I y Promaco II

Muestra	Resultado
Agregado grueso: Promaco I	INOCUO
Agregado grueso: Promaco II	INOCUO

Análisis de resultados

El examen de reactividad potencial se realizó para los agregados gruesos de ambos bancos, y como los dos bancos pertenecen al mismo afluente, se espera tengan resultados similares. El resultado del ensayo de reactividad potencial en ambas muestras fue inocuo, lo cual indica que los minerales silícicos que poseen estas rocas no producirán una reacción dañina con los álcalis del cemento Pórtland.

Figura 25. Gráfica tomada de la norma ASTM C-289



Como puede observarse en la gráfica anterior, las cuatro muestras ensayadas, agregado fino y grueso del banco Promaco I y Promaco II, se encuentran en la parte superior izquierda de la línea divisoria entre el agregado considerado inocuo y el considerado deletéreo, por lo que puede verificarse el resultado inocuo gráficamente.

Descripción general de la norma ASTM C-88

Este método cubre el proceso a seguir en el ensayo de agregados para determinar su resistencia a la desintegración, cuando están sujetos a la acción del clima en el concreto u otras aplicaciones. Esto se logra sumergiendo la muestra en soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, seguido de un secado al horno para secar total o parcialmente la sal en los espacios permeables de los poros. Proporciona una información valiosa para juzgar la bondad de los agregados sujetos a la acción de la intemperie, particularmente cuando no hay información adecuada del historial de servicio.

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

Factibilidad y aplicación

Esta prueba brinda resultados rápidos y la norma indica que solamente son preliminares, por lo que deben ser comparados con la especificación ASTM C-33, ya que la ASTM C-88 no es por si misma lo suficientemente fiable como para calificar determinado agregado, además debe tenerse cuidado para fijar los límites de los resultados de esta norma en cualquier especificación, debido a que el ensayo varía considerablemente en el porcentaje de masa perdido dependiendo de la sal que sea utilizada.

3.1.5 Resultados de los ensayos en agregados según la norma ASTM C-88 uso de sulfato de sodio

Se aplicó el ensayo de sulfato de sodio a cuatro muestras provenientes del banco Promaco I y banco Promaco II (agregado fino y agregado grueso), para determinar la bondad de los agregados, cuando están sujetos a la acción de la intemperie en el concreto o en otras aplicaciones. Los resultados se muestran en las Tablas XXXIII, XXXIV, XXXV y XXXVI.

3.1.5.1 Agregado fino del banco Promaco I y del banco Promaco II

Banco Promaco I

Tabla XXXIII. Porcentaje de desgaste y desgaste referido a graduación del agregado fino del banco Promaco I

Tamaños		Graduación por fracción	% de desgaste	Desgaste referido a graduación
Pasa	Retenidos			
No. 100 (0,149 mm)		1,20	18,00	0,22
No. 50 (0,297 mm)	No. 100 (0,149 mm)	5,48	18,00	0,99
No. 30 (0,595 mm)	No. 50 (0,297 mm)	20,00	9,40	1,88
No. 16 (1,19 mm)	No. 30 (0,595 mm)	29,92	5,50	1,65
No. 8 (2,38 mm)	No. 16 (1,19 mm)	23,30	10,80	2,52
No. 4 (4,76 mm)	No. 8 (2,38 mm)	16,28	13,90	2,26
3/8" (9,52 mm)	No. 4 (4,76 mm)	3,82	13,90	0,53
TOTALES		100,00		10,04

Banco Promaco II

Tabla XXXIV. Porcentaje de desgaste y desgaste referido a graduación del agregado fino del banco Promaco II

Tamaños		Graduación por fracción	% de desgaste	Desgaste referido a graduación
Pasa	Retenidos			
No. 100 (0,149 mm)		0,94	6,20	0,06
No. 50 (0,297 mm)	No. 100 (0,149 mm)	2,62	6,20	0,16
No. 30 (0,595 mm)	No. 50 (0,297 mm)	9,96	6,40	0,64
No. 16 (1,19 mm)	No. 30 (0,595 mm)	22,96	4,60	1,06
No. 8 (2,38 mm)	No. 16 (1,19 mm)	29,40	6,10	1,79
No. 4 (4,76 mm)	No. 8 (2,38 mm)	24,32	13,90	3,38
3/8" (9,52 mm)	No. 4 (4,76 mm)	9,80	13,90	1,36
TOTALES		100,00		8,45

Análisis de resultados

Individualmente el agregado fino del banco Promaco I y del banco Promaco II poseen un % de desgaste y un desgaste referido a graduación muy bajo, lo cual indica que ambos materiales son altamente resistentes a la desintegración provocada por los efectos del clima.

3.1.5.2 Agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II

Banco Promaco I

Tabla XXXV. Porcentaje de desgaste y desgaste referido a graduación del agregado grueso del banco Promaco I

Tamaños		Graduación por fracción	% de desgaste	Desgaste referido 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)	34,66	4,03	1,40
3/4" (19,05 mm)	3/8" (9,52 mm)	61,01	7,63	4,66
3/8" (9,52 mm)	No. 4 (4,76 mm)	4,33	9,53	0,41
	Fondo	0,00	9,53	0,00
TOTALES		100,00		6,47

Banco Promaco II

Tabla XXXVI. Porcentaje de desgaste y desgaste referido a graduación del agregado grueso del banco Promaco II

Tamaños		Graduación por fracción	% de desgaste	Desgaste referido 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)	35,22	5,93	2,09
3/4" (19,05 mm)	3/8" (9,52 mm)	62,59	14,80	9,26
3/8" (9,52 mm)	No. 4 (4,76 mm)	2,19	19,67	0,43
	Fondo	0,00	19,67	0,00
TOTALES		100,00		11,78

Análisis de resultados

Individualmente el agregado grueso del banco Promaco I y del banco Promaco II poseen un % de desgaste y un desgaste referido a graduación muy bajo, lo cual indica que ambos materiales son altamente resistentes a la desintegración provocada por la acción de la intemperie.

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

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

4.1 Ensayo de cilindros de concreto a compresión

Este ensayo se aplicó a las muestras del banco Promaco I y banco Promaco II. Se fabricaron cilindros de concreto como lo especifica la norma ASTM C-39 (6" de diámetro y 12" de altura), para una resistencia de 3 000 psi (210 kg/cm²) con cementos UGC de cementos Progreso. Luego estos fueron curados y ensayados a los 3, 7 y 28 días. Los resultados se muestran a continuación.

4.1.1 Banco Promaco I y banco Promaco II (agregado fino y agregado grueso)

Banco Promaco I

Se fabricó la mezcla con las características siguientes:

- Proporción de la mezcla (en peso): 1: 2,32: 2,95: 0,57
- Pu suelto de la arena: 1 452,34 kg/m³.
- Pu suelto de la grava: 1 372,86 kg/m³.
- F'c=3 000 psi.
- Asentamiento: 10 cm.
- Modificación de agua: cantidad original 200,00 lt/m³ a 263,41 lt/m³.
- Cemento UGC (4 000 psi o 281 kg/cm²).

Los cilindros fueron ensayados en parejas como lo indica la norma, de esta forma puede tenerse un punto de comparación en caso de un error al realizar el ensayo.

Tabla XXXVII. Resultados del ensayo a compresión del concreto utilizando agregado fino y grueso del Banco Promaco I

Cilindro	Edad (d)	Peso (kg)	Diámetro (cm)	Carga (lb)	f'c (kg/cm ²)	f'c (psi)
A	3	12,465	15,047	21 000	53,57	761,93
B	3	12,502	15,090	22 000	55,80	793,64
A	7	12,571	15,160	34 000	85,44	1 215,23
B	7	12,487	15,133	30 500	76,91	1 093,98
A	28	12,527	15,167	51 000	128,05	1 821,24
B	28	12,489	15,123	52 000	131,31	1 867,61

Interpretación de resultados

Puede verse que la resistencia máxima alcanzada a los 28 días fue de 131,31 kg/cm², valor que difiere en 37,47 por ciento al valor esperado de 210 kg/cm² considerado al fabricar la mezcla, en base a la teoría y a la práctica este valor de 131,31 kg/cm² irá aumentando eventualmente hasta alcanzar un valor cercano al esperado cuando el concreto tenga una mayor edad.

Sin embargo, estos cilindros de prueba deberían haber alcanzado un valor más cercano al valor esperado, considerando también que el primer cilindro de prueba solamente alcanzó $128,05 \text{ kg/cm}^2$, difiriendo en un 39,02 por ciento del valor esperado, esto se debe principalmente a la granulometría del agregado fino, la cual se analizó en el tercer capítulo de este trabajo y pudo observarse que no estaba dentro de los límites establecidos, provocando que el concreto tenga mas vacíos entre agregados lo cual a su vez provoca una menor densidad.

Además, el porcentaje de vacios del agregado fino y grueso calculados en los ensayos de la norma ASTM C-33 fueron elevados, lo que indica que dichos materiales son porosos y de baja resistencia, otra característica que afectó la resistencia del concreto fue la condición del material, el cual estaba en estado saturado, lo cual provocó un aumento en la relación agua cemento al agregársele el agua requerida en el diseño teórico, todas las características mencionadas anteriormente provocaron una disminución considerable en la resistencia a compresión del concreto.

Banco Promaco II

Se fabricó la mezcla con las características siguientes:

- Proporción de la mezcla (en peso): 1: 2,18: 3,27: 0,57
- Pu suelto de la arena: $1\ 532,65 \text{ kg/m}^3$.
- Pu suelto de la grava: $1\ 545,19 \text{ kg/m}^3$.
- $F'c=3\ 000 \text{ psi}$.
- Asentamiento: 8,5 cm.
- Modificación de agua: cantidad original $195,00 \text{ lt/m}^3$ a $231,56 \text{ lt/m}^3$.
- Cemento UGC ($4\ 000 \text{ psi}$ o 281 kg/cm^2).

**Tabla XXXVIII. Resultados del ensayo a compresión del concreto
utilizando agregado fino y grueso del Banco Promaco II**

Cilindro	Edad (d)	Peso (kg)	Diámetro (cm)	Carga (lb)	f'c (kg/cm ²)	f'c (psi)
A	3	12,797	15,133	24 500	61,78	878,77
B	3	12,753	15,140	24 000	60,47	860,08
A	7	12,738	15,127	33 500	84,55	1 202,64
B	7	12,691	15,123	36 200	91,41	1 300,14
A	28	12,695	15,147	54 500	137,20	1 951,37
B	28	12,673	15,117	57 000	144,06	2 048,99

Interpretación de resultados

Los resultados de estos ensayos fueron bastante bajos en comparación al valor esperado, esto en parte se debe a que la granulometría del agregado fino no cumple en lo absoluto con los límites especificados, otra característica que afectó la resistencia del concreto fue la condición del material, el cual estaba en estado saturado, lo cual provocó un aumento en la relación agua cemento al agregársele el agua requerida en el diseño teórico.

Además, el porcentaje de vacíos del agregado fino y grueso calculados en los ensayos de la norma ASTM C-33 fueron elevados, lo que indica que dichos materiales son porosos y de baja resistencia.

4.2 Ensayo de cubos de mortero a compresión

El ensayo de mortero a compresión se realizó fabricando cubos de mortero en proporción 1:3 tal y como lo especifica el método de prueba ASTM C-109, ensayando tres cubos a la vez a los 7 y 28 días. El cemento utilizado fue el UGC.

4.2.1 Banco Promaco I y banco Promaco II (agregado fino)

Banco Promaco I

Se fabricaron seis cubos de mortero utilizando arena proveniente del banco Promaco I en proporción, en peso: 1: 4,84: 0,92, los resultados de los ensayos se muestran en la Tabla XXXIX. Las cantidades en peso de los materiales utilizados en el mortero fueron: 893 g de cemento, 4 319 g de arena y 818 ml de agua.

Tabla XXXIX. Resultados de mortero a compresión para el agregado fino del banco Promaco I

Cubo	Edad (d)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (psi)
C1	7	25,806	1 068	41,40	588,81
C2	28	25,806	2 117	82,02	1 166,60

Interpretación de resultados

Los cubos de mortero ensayados a los 28 días alcanzaron una resistencia máxima promedio de 82,02 kg/cm². La especificación ASTM C-91 indica que la resistencia mínima a compresión para mortero debe ser de 205 kg/cm² a los 28 días, por lo que difiere en un 60% del valor esperado, esto debido a la mala graduación del agregado fino y a la alta relación agua-cemento utilizada en la mezcla, por lo que se concluyó que la arena del banco Promaco I es de deficiente calidad para este tipo de trabajo.

Banco Promaco II

Se fabricaron seis cubos de mortero utilizando arena proveniente del banco Promaco II en proporción, en peso: 1: 5,40: 1,07. Las cantidades de material utilizadas para este ensayo fueron: 801 g de cemento, 4 323 g de arena y 860 ml de agua. Los resultados de la prueba a compresión se muestran en la tabla XL.

Tabla XL. Resultados de mortero a compresión para el agregado fino del banco Promaco II

Cubo	Edad (d)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (psi)
C1	7	25,806	420	16,28	231,49
C2	28	25,806	917	35,53	505,41

Interpretación de resultados

El mortero fabricado con arena del banco Promaco II alcanzó una resistencia promedio a los 28 días de 35,53 kg/cm², 56,68% menor que el mortero de arena del banco Promaco I, esto se debe principalmente a la granulometría del agregado fino, la cual no cumple en lo absoluto con los límites requeridos por la norma y al exceso de agua en la mezcla, por lo que no es recomendable usarse dicho material en mortero.

4.3 Ensayo de briquetas de mortero a tensión

El ensayo de mortero a tensión se realizó fabricando briquetas de mortero en proporción 1:3 tal y como lo especifica el método de prueba ASTM C-190, ensayando tres cubos a la vez a los 7 y 28 días.

4.3.1 Banco Promaco I y banco Promaco II (agregado fino)

Banco Promaco I

Se fabricó mortero en proporción, en peso: 1: 4,84: 0,92, utilizando cemento UGC (4 000 psi o 281 kg/cm²), las cantidades de material para elaborar la mezcla fueron: 893 g de cemento, 4 319 g de arena y 818 ml de agua. Los resultados del ensayo de briquetas del agregado fino procedente del banco Promaco I se muestran en la Tabla XLI.

Tabla XLI. Resultados de briquetas de mortero a tensión para el agregado fino del banco Promaco I

Briqueta	Edad (d)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c (psi)
B1	7	6,452	46,72	7,21	102,50
B2	28	6,452	85,28	13,18	187,50

Interpretación de resultados

La norma ASTM C-190 indica que para este ensayo la resistencia mínima a tensión debe ser igual o mayor a 25 kg/cm^2 a los 28 días para cemento tipo I (4 000 psi). La resistencia promedio en la prueba a 28 días fue de $13,18 \text{ kg/cm}^2$, 47,28% abajo de la condición que establece la norma. Por lo tanto el uso de este material en los morteros no es factible.

Banco Promaco II

Las cantidades de material en peso utilizadas para la mezcla fueron: 801 g de cemento, 4 323 g de arena y 860 ml de agua. La proporción, en peso, utilizada para la fabricación del mortero fue: 1: 5,40: 1,07, utilizando cemento UGC (4 000 psi o 281 kg/cm^2). Los resultados del ensayo de briquetas del agregado fino del banco Promaco II se muestran en la Tabla XLII.

Tabla XLII. Resultados de briquetas de mortero a tensión para el agregado fino del banco Promaco II

Briqueta	Edad (días)	Área (cm^2)	Carga (kg)	f'c (kg/cm^2)	f'c (lb/plg ²)
B1	7	6,452	22,68	3,52	50,00
B2	28	6,452	53,30	8,26	117,49

Interpretación de resultados

El mortero fabricado con agregado fino del banco Promaco II obtuvo una resistencia promedio a tensión a los 28 días de $8,26 \text{ kg/cm}^2$, 67% menor que el requerido por la norma, lo que da como resultado un agregado no apto para ser usado en morteros.

CONCLUSIONES

1. Se analizaron los agregados finos de los bancos de materiales Promaco I y Promaco II y ambos materiales no cumplen con los límites de granulometría establecidos por la norma ASTM C-33. Además de ello, ambas muestras poseen un módulo de finura y un porcentaje retenido en tamiz 6.35 muy elevados, lo que indica que dichos materiales son demasiado gruesos, por lo que no llenará los vacíos entre agregados y producirá un concreto poco denso y por lo tanto con poca resistencia mecánica como se comprobó en el ensayo de concreto a compresión, el cual no alcanzó la resistencia de diseño.
2. Las muestras de agregado grueso de ambos bancos de materiales, poseen apropiadas características físicas de acuerdo a los ensayos a los que fueron sometidos por la norma ASTM C-33, con excepción del porcentaje de vacíos, el cual es muy elevado para ambas muestras, lo que indica que dichos materiales poseen baja resistencia mecánica. Lo anterior se corroboró por la poca resistencia alcanzada por los especímenes de concreto ensayados a compresión.
3. Los agregados gruesos provenientes de los bancos Promaco I y Promaco II poseen un porcentaje de desgaste bajo, que cumple de manera satisfactoria con el límite de desgaste proporcionado por la norma ASTM C-131. Dichos resultados indican que se tienen agregados gruesos con gran dureza y resistencia, aptos para utilizarse en concreto estructural.

4. Conforme al análisis del contenido mineral del agregado fino y el examen petrográfico del agregado grueso de ambos bancos de materiales, se encontró que los agregados finos están formados principalmente de basalto, cuarzo y vidrio volcánico. Estos dos últimos considerados dañinos para el concreto por su alto contenido de sílice. Los agregados gruesos están formados mayormente de basalto, brecha basáltica, dacita y cuarzo, los primeros tres considerados poco dañinos y el cuarto altamente dañino para el concreto. Dichos resultados deben ser complementados con el examen de reactividad potencial.

5. El ensayo químico de reactividad potencial indica que los agregados finos y gruesos de los bancos Promaco I y Promaco II son inocuos, lo que indica que los minerales silícicos que poseen estos materiales no producirán una reacción dañina combinados con los álcalis del cemento Pórtland.

6. Individualmente los agregados finos y gruesos del banco Promaco I y Promaco II poseen un porcentaje de desgaste y un desgaste referido a graduación muy bajo, lo cual indica que dichos materiales son altamente resistentes a la desintegración provocada por los efectos del clima en el concreto u otras aplicaciones.

7. Los cubos de mortero a compresión alcanzaron bajas resistencias en ambos bancos, y están muy por debajo del límite establecido por la norma ASTM C-91, lo mismo sucede con las briquetas de mortero a tensión en ambos bancos, ya que alcanzaron resistencias muy bajas en comparación con el límite requerido por la norma ASTM C-190, por lo que debería realizarse un significativo aumento en el contenido de cemento de la mezcla para aumentar la resistencia de los especímenes. Los resultados indican que estos agregados no son aptos para utilizarse en morteros a compresión y tensión.

8. De acuerdo a los resultados obtenidos, se infiere que las construcciones que se han ejecutado utilizando agregados de estos bancos de materiales, aún teniendo apropiadas dosificaciones, no alcanzan las resistencias de diseño requeridas para una buena seguridad estructural.

9. Los morteros preparados utilizando agregados finos de estos bancos, aún dosificándose adecuadamente, no garantizan resistencias que permitan un buen desempeño en estructuras de mampostería.

RECOMENDACIONES

1. Con el objetivo de mejorar granulométricamente el agregado fino de los bancos Promaco I y Promaco II, es necesario que a través de un proceso de tamizado, se logre que los materiales cumplan con los límites de graduación establecidos en la norma ASTM C-33.
2. Dar a conocer la información que aparece en este documento a todas las personas, profesionales, empresas e instituciones involucradas en actividades relacionadas con la construcción, que utilicen los agregados provenientes del banco Promaco I y del banco Promaco II, al igual que a potenciales usuarios de los mismos.
3. Realizar estudios de impacto ambiental en las áreas de extracción de los bancos de materiales, para tomar medidas de prevención y mitigación de los impactos indeseables provocados por estos procesos en el medio ambiente.
4. Elaborar prismas con unidades de mampostería para establecer el comportamiento real de los morteros elaborados con estos agregados.
5. Para mejorar la resistencia del concreto y mortero fabricado con agregado fino del banco Promaco I y banco Promaco II, se debería agregar a dichos materiales, agregados provenientes de otros bancos que posean un bajo contenido de cuarzo para contrarrestar el alto contenido del mineral en los bancos de materiales en estudio.

6. Para mejorar la seguridad estructural en las edificaciones, uno de los componentes principales a garantizar es la calidad del concreto, para ello, se requiere la utilización de agregados que cumplan con lo que establecen las normas, situación que los agregados de los bancos analizados no cumplen. Por lo tanto, se recomienda no utilizar estos materiales en concreto estructural, a menos que sean sometidos a procesos de corrección de las características deficientes que poseen, y así, cumplan con los requerimientos establecidos en las normas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 ASTM, *Book of Standard Specification for Concrete Aggregates*, Volumen 04.02. EEUU. 1990. 804 pp.
- 2 Beltranena, Emilio. **Control de calidad de materiales de construcción**
Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1952. 255 pp.
- 3 Mendoza Camey, Víctor Gabriel Rolando. **Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en el departamento de Totonicapán.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 114 pp.
- 4 Muñoz Espinoza, Carlos. **Evaluación de propiedades físico mecánicas en concreto.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992. 72 pp.
- 5 Román Ávila, Luis Rolando. **Examen petrográfico y análisis mineralógico de los bancos de materiales de la ciudad de Chimaltenango.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 63 pp.
- 6 Salguero Girón, Raúl Armando. **Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 55 pp.

- 7 Villegas Cancinos, Dionisio. **Normas para la descripción y examen petrográfico de los componentes minerales de los agregados para el concreto.** Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992. 29 pp.

- 8 www.astm.org (consultas ASTM: C-33, C-131, C-88, C-289 Y C-295).

ANEXO

Figura 26. Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino del banco Promaco I

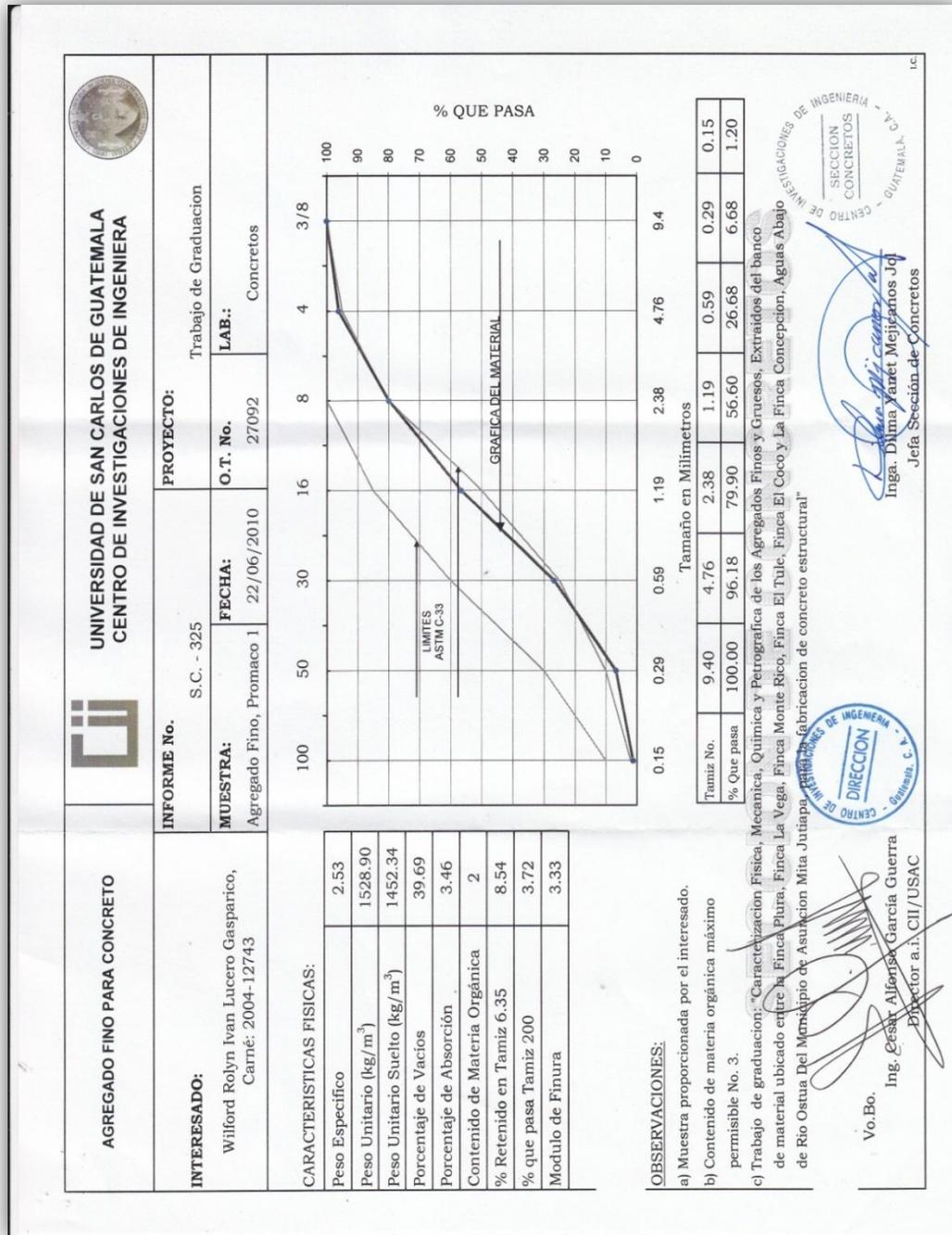


Figura 27. Informe de la norma ASTM C-33 para agregado fino del banco Promaco II

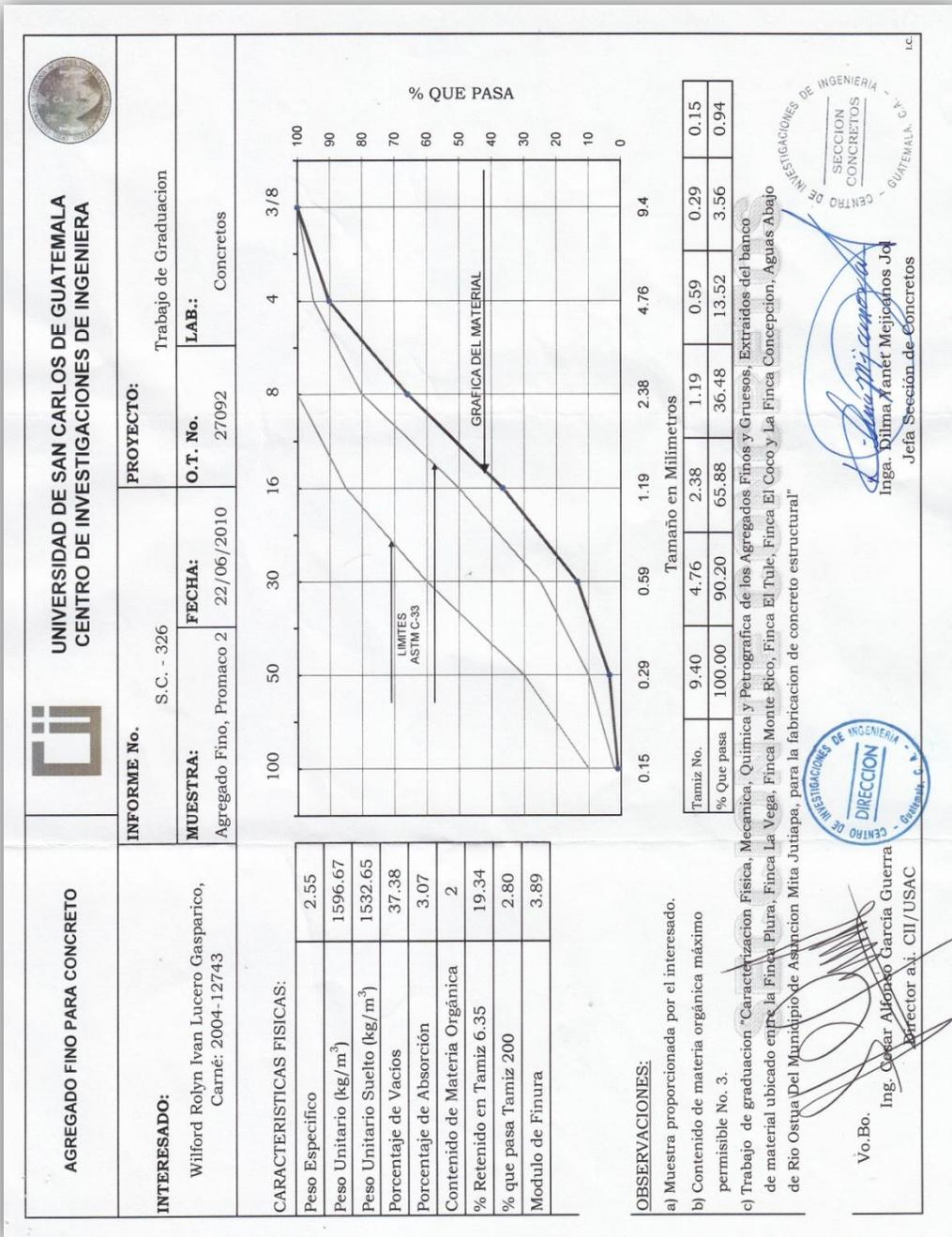


Figura 28. Informe de la norma ASTM C-33 para agregado grueso del banco Promaco I

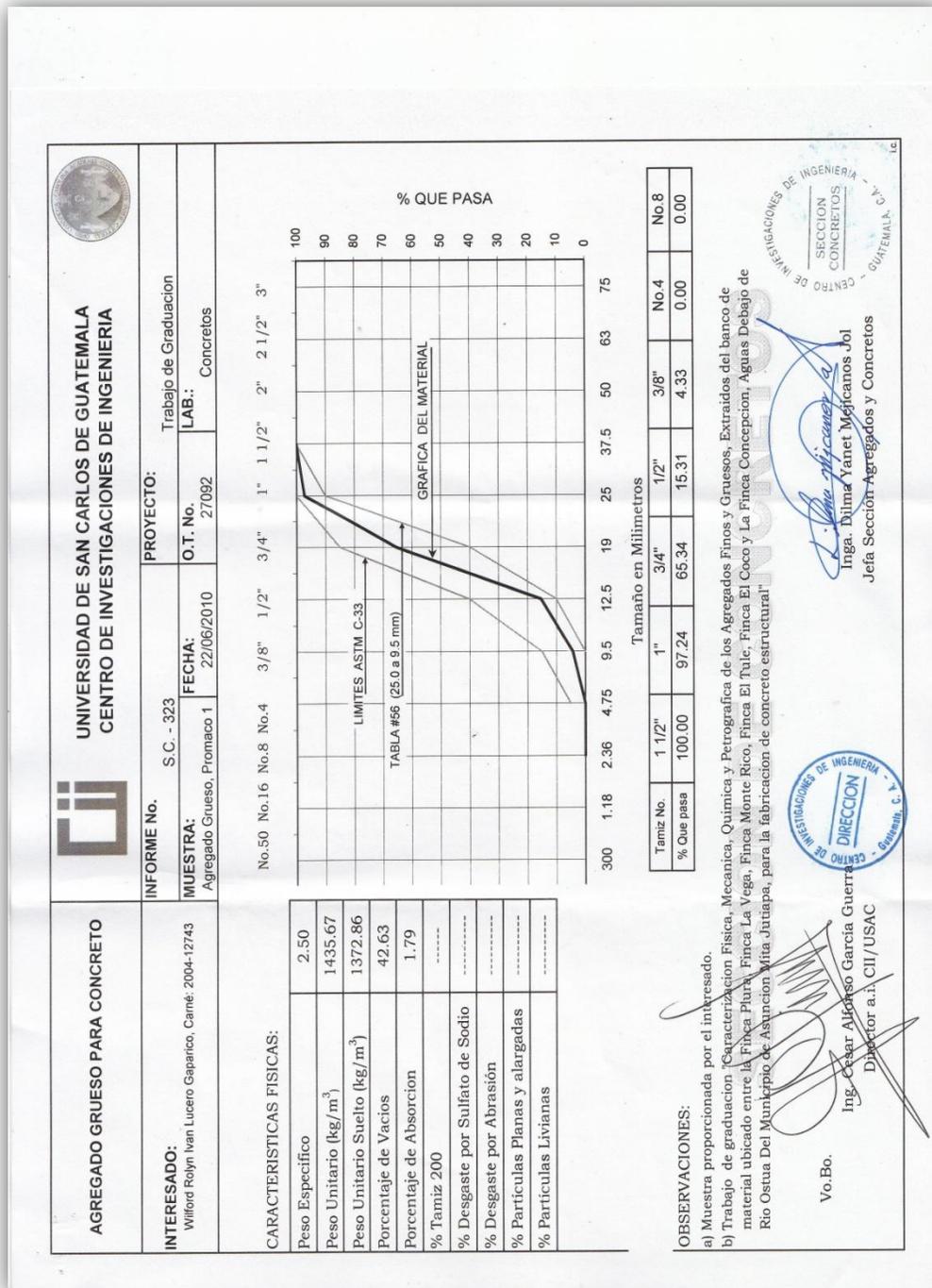


Figura 29. Informe de la norma ASTM C-33 para agregado grueso del banco Promaco II

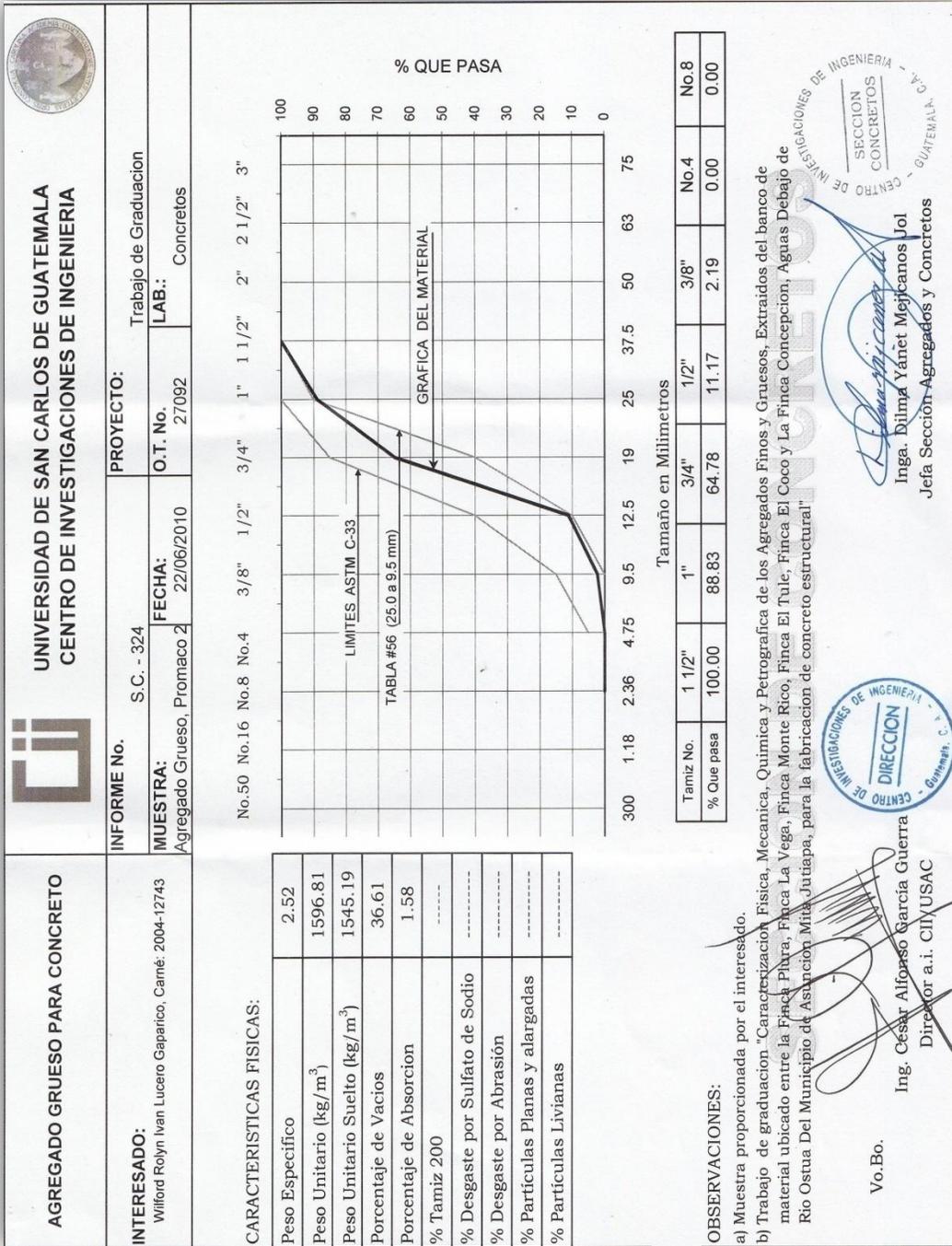


Figura 30. Informe de la norma ASTM C-131 para agregado grueso del banco Promaco I



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



Nº 14814

INFORME No. S.C. - 330

O.T. No. 27059

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, Carné: 2004-12743

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

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los agregados finos y gruesos, extraídos de: Banco de Material ubicado entre La Finca Plura, La Vega, Los Llanitos y El Tule, Aguas Arriba del Río Ostua, y del Banco de material ubicado entre los Llanitos, Finca Monte Rico, Finca el Tule, Finca el Coco y la Finca Concepcion aguas abajo del río Ostua de municipio de Asuncion Mita Jutiapa, para la fabricación de concreto estructural"

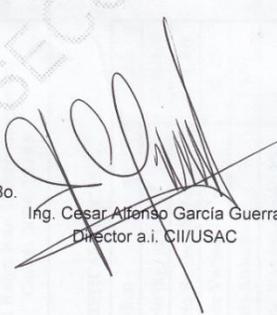
PROCEDENCIA: Banco Promaco 1

FECHA: 22 de Junio de 2,010

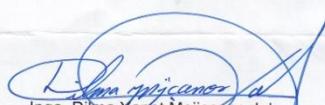
REFERENCIAS	MUESTRA
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131
2. Graduación	"B"
3. % Desgaste	20.24

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.

ATENTAMENTE,



Vo.Bo.
Ing. César Alfonso García Guerra
Director a.i. CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos




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>

Figura 31. Informe de la norma ASTM C-131 para agregado grueso del banco Promaco II



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



Nº 14815

INFORME No. S.C. - 331

O.T. No. 27059

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, Carné: 2004-12743

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

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los agregados finos y gruesos, extraídos de: Banco de Material ubicado entre La Finca Piura, La Vega, Los Llanitos y El Tule, Aguas Arriba del Río Ostua, y del Banco de material ubicado entre los Llanitos, Finca Monte Rico, Finca el Tule, Finca el Coco y la Finca Concepción aguas abajo del río Ostua de municipio de Asunción Mita, Jutiapa, para la fabricación de concreto estructural"

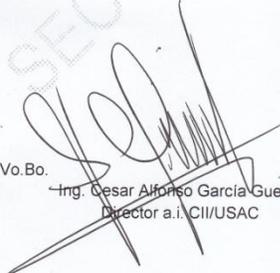
PROCEDENCIA: Banco Promaco 2

FECHA: 22 de Junio de 2,010

REFERENCIAS	MUESTRA
1. Norma de Ensayo	ASTM C-131
2. Graduación	"A"
3. % Desgaste	19.76

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado.

ATENTAMENTE,



Vo.Bo.
Ing. Cesar Alfonso García Guerra
Director a.i. CII/USAC



Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos



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

Figura 32. Informe de la norma ASTM C-289 para agregado fino y grueso del banco Promaco I y banco Promaco II



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



Nº 004770

O.T. No. 27063
Informe Lab. No. 022-10

Interesado: Wilford Iván Lucero
Muestra: 2 Muestra de Agregado (fino y Grueso)
Proyecto: Trabajo de Tesis, Bancos Promaco 1 y Promaco 2
Fecha: Guatemala, 19 de julio de 2010

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

Muestra	Reducción Alcalina (mmol/L)	Sílice Disuelta (mmol/L)	RESULTADO
Agregado Fino PROMACO1	648.96 ± 0.01	49.9± 6.61	INOCUO
Agregado Grueso PROMACO1	608.64 ± 19.01	43.6± 8.33	INOCUO
Agregado Fino PROMACO2	673.92 ± 19.01	66.6± 3.33	INOCUO
Agregado Fino PROMACO2	627.84 ± 24.44	69.9± 2.69	INOCUO

*Muestra proporcionada por el interesado

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

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

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

Figura 33. Resultado gráfico de la norma ASTM C-289 para agregado fino y grueso del banco Promaco I y banco Promaco II

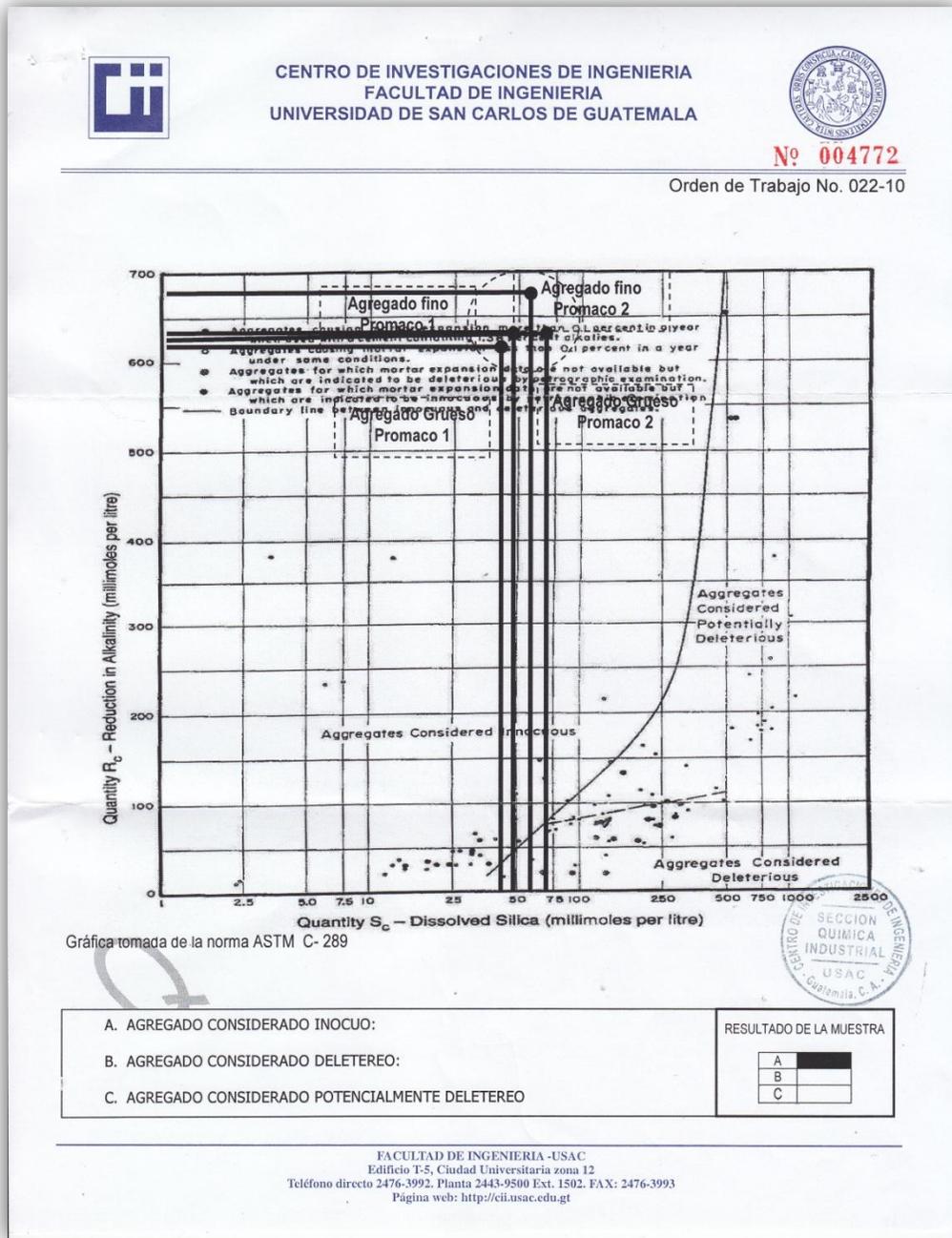


Figura 34. Informe de la norma ASTM C-88 para agregado fino del banco Promaco I



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



Nº 14826

INFORME No. SC - 337

O.T. No. 27061

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, Carné 2004-12743

ASUNTO: Ensayo de bondad en agregado fino

Material: Agregado Fino

Proyecto: Trabajo de Graduación "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los Agregados Finos y Gruesos extraídos del Banco de material ubicado entre la Finca Plura, Finca La Vega, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca El Coco y la Finca Concepción, Aguas abajo de Río Ostua del Municipio de Asuncion Mita Jutiapa, para la fabricación de concreto estructural"

Procedencia: Banco Promaco I

Solución utilizada: Sulfato de Sodio

FECHA: 22 de junio de 2010.

TAMAÑOS RETENIDOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste referido a Graduación
No. 100 (149 mm)		1.20	----	----	18.00	0.22
No. 50 (297 mm)	No. 100 (149 mm)	5.48	100.00	82.00	18.00	0.99
No. 30 (595 mm)	No. 50 (297 mm)	20.00	100.00	90.60	9.40	1.88
No. 16 (1.19 mm)	No. 30 (595 mm)	29.92	100.00	94.50	5.50	1.65
No. 8 (2.38 mm)	No. 16 (1.19 mm)	23.30	100.00	89.20	10.80	2.52
No. 4 (4.76 mm)	No. 8 (2.38 mm)	16.28	100.00	86.10	13.90	2.26
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	3.82	----	----	13.90	0.53
TOTALES		100.00	500.00	442.40		10.04

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.



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





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



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

Figura 35. Informe de la norma ASTM C-88 para agregado fino del banco Promaco II



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



Nº 14822

INFORME No. SC - 338

O.T. No. 27061

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, Carné 2004-12743

ASUNTO: Ensayo de bondad en agregado fino

Material: Agregado Fino

Proyecto: Trabajo de Graduación "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los Agregados Finos y Gruesos extraídos del Banco de material ubicado entre la Finca Plura, Finca La Vega, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca El Coco y la Finca Concepción, Aguas abajo de Río Ostua del Municipio de Asuncion Mita Jutiapa, para la fabricación de concreto estructural"

Procedencia: Banco Promaco II

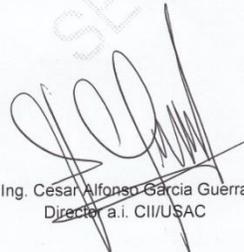
Solución utilizada: Sulfato de Sodio

FECHA: 22 de junio de 2010.

TAMAÑOS PASA RETENIDOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste referido a Graduación
No. 100 (149 mm)		0.94	-----	----	6.20	0.06
No. 50 (297 mm)	No. 100 (149 mm)	2.62	100.00	93.80	6.20	0.16
No. 30 (595 mm)	No. 50 (297 mm)	9.96	100.00	93.60	6.40	0.64
No. 16 (1.19 mm)	No. 30 (595 mm)	22.96	100.00	95.40	4.60	1.06
No. 8 (2.38 mm)	No. 16 (1.19 mm)	29.40	100.00	93.90	6.10	1.79
No. 4 (4.76 mm)	No. 8 (2.38 mm)	24.32	100.00	86.10	13.90	3.38
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	9.80	-----	----	13.90	1.36
TOTALES		100.00	500.00	462.80		8.45

OBSERVACIONES: a) Muestra proporcionada por el interesado

ATENTAMENTE,



Vo.Bo. Ing. Cesar Alfonso García Guerra
Director a.i. CII/USAC





Inga. Dilma Yaret Mejicanos Jol
Jefa Sección Agregados, Morteros y Concreto.



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

Figura 36. Informe de la norma ASTM C-88 para agregado grueso del banco Promaco I



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



Nº 14823

INFORME No. SC - 339

O.T. No. 27061

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, Carné 2004-12743

ASUNTO: Ensayo de bondad en agregado grueso

Material: Agregado Grueso

Proyecto: Trabajo de Graduación "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los Agregados Finos y Gruesos extraídos del Banco de material ubicado entre la Finca Plura, Finca La Vega, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca El Coco y la Finca Concepción, Aguas abajo de Río Ostua del Municipio de Asuncion Mita Jutiapa, para la fabricación de concreto estructural"

Procedencia: Banco Promaco I

Solución utilizada: Sulfato de Sodio

FECHA: 22 junio de 2010.

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
2 1/2" (63.5 mm)	1 1/2" (38.1 mm)	-----	-----	-----	-----	-----
1 1/2" (38.1 mm)	3/4" (19.05 mm)	34.66	1500.00	1439.50	4.03	1.40
3/4" (19.05 mm)	3/8" (9.52 mm)	61.01	1000.00	923.70	7.63	4.66
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	4.33	300.00	271.40	9.53	0.41
Fondo		0.00	-----	-----	9.53	0.00
TOTALES		100.00	2800.00	-----	-----	6.47

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado

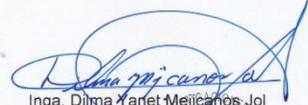
ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

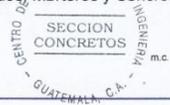


Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra
Director a.i. CII/USAC





Ing. Dilma Fariet Mejicanos Jol
Jefa Sección Agregados, Morteros y Concreto.



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

Figura 37. Informe de la norma ASTM C-88 para agregado grueso del banco Promaco II



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



Nº 14824

INFORME No. SC - 340

O.T. No. 27061

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, Carné 2004-12743

ASUNTO: Ensayo de bondad en agregado grueso

Material: Agregado Grueso

Proyecto: Trabajo de Graduación "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los Agregados Finos y Gruesos extraídos del Banco de material ubicado entre la Finca Plura, Finca La Vega, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca El Coco y la Finca Concepción, Aguas abajo de Río Ostua del Municipio de Asuncion Mita Jutiapa, para la fabricación de concreto estructural"

Procedencia: Banco Promaco II

Solución utilizada: Sulfato de Sodio

FECHA: 22 junio de 2010.

TAMAÑOS		Graduación por fracción	Antes de ensayo	Después de ensayo	% de Desgaste	Desgaste ref. a Graduación
PASA	RETENIDOS					
2 1/2" (63.5 mm)	1 1/2" (38.1 mm)	-----	-----	-----	-----	-----
1 1/2" (38.1 mm)	3/4" (19.05 mm)	35.22	1500.00	1411.00	5.93	2.09
3/4" (19.05 mm)	3/8" (9.52 mm)	62.59	1000.00	852.00	14.80	9.26
3/8" (9.52 mm)	No. 4 (4.76 mm)	2.19	300.00	241.00	19.67	0.43
Fondo		0.00	-----	-----	19.67	0.00
TOTALES		100.00	2800.00	-----	-----	11.78

OBSERVACIONES:

a) Muestra proporcionada por el interesado

ATENTAMENTE,

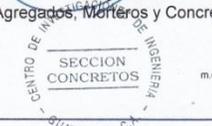


Vo.Bo.
Ing. César Alfonso García Guerra
Director a.r. CIUSAC





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



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

Figura 38. Diseño teórico de mezclas de concreto para el banco Promaco I



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



Nº 14820

O.T. No.27093

INFORME No. S.C. 335

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, carné 2004-12743
 PROYECTO: Trabajo de Graduacion
 DIRECCION: Ciudad
 ASUNTO: Diseño Teórico de Mezcla de Concreto.
 FECHA: 22 de Junio 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 banco Promaco 1, 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. – 325
 - 2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 323
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		350,88
ARENA	2,32		67,89		813,61
PIEDRIN / GRAVA	2,95		91,32		1035,51
AGUA LIBRE	0,57		24,23		200,00
4. RECOMENDACIONES
 - 4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, para su control de resistencia, con el ensayo a compresión, el cual se realiza en el CII/USAC.
 - 4.2 El diseño de mezcla está 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.
5. OBSERVACIONES

Trabajo de graduación: "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los Agregados Finos y Gruesos, Extraídos del banco de material ubicado entre la Finca Plura, Finca La Vega, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca El Coco y La Finca Concepción, Aguas Abajo de Rio Ostua Del Municipio de Asunción Mita Jutiapa, para la fabricación de concreto estructural"

Atentamente,



Vo.Bo.
Ing. Cesar Alfonso García Guerra
Director del CII/USAC



Inga. Dilma Yánet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos




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

Figura 39. Diseño teórico de mezclas de concreto para el banco Promaco II



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



Nº 14825

O.T. No.27093

INFORME No. S.C. 336

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, carné 2004-12743
 PROYECTO: Trabajo de Graduación
 DIRECCION: Ciudad
 ASUNTO: Diseño Teórico de Mezcla de Concreto.
 FECHA: 22 de Junio de 2 010

2. GENERALIDADES

2.1 El interesado proporciono el material y solicito a este Centro de Investigaciones, el análisis completo para agregado fino y grueso, proveniente del banco Promaco 2, 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. – 326
 2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso. INFORME No. S.C. – 324

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	PROPORCION	EN	PROPORCION
	PESO		VOLUMEN (LITROS)		VOLUMEN (kg/m ³)
CEMENTO	1		1 SACO		342,11
ARENA	2,18		60,45		745,16
PIEDRIN / GRAVA	3,27		89,94		1117,73
AGUA LIBRE	0,57		24,23		195,00

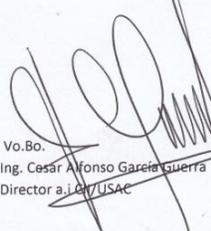
4. RECOMENDACIONES

4.1 Evaluar en obra el diseño propuesto y obtener 6 cilindros de 6" de diámetro y 12" de altura, 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.

5. OBSERVACIONES

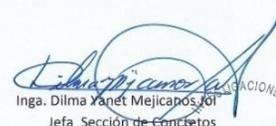
Trabajo de graduación: "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los Agregados Finos y Gruesos, Extraídos del banco de material ubicado entre la Finca Piura, Finca La Vega, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca El Coco y La Finca Concepción, Aguas Abajo de Río Ostua Del Municipio de Asunción Mita Jutiapa, para la fabricación de concreto estructural"

Atentamente,



Vo.Bo.
Ing. Cesar Alfonso Gareta Guerra
Director a.i. CI/USAC





Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
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
 Pagina web: <http://cii.usac.edu.gt>

Figura 40. Informe de la resistencia de los cilindros de concreto a compresión fabricados con material del banco Promaco I



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



Nº 21568

RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO
NORMA ASTM C-39
INFORME No. S.C. - 493
HOJA 1/1

O.T. No. 27094

INTERESADO: Wiford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, Carné 2004-12743

ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los Agregados Finos y Gruesos extraídos del banco de material ubicado entre la Finca Plura, Finca La Vega, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca El Coco y la Finca Concepción, Aguas abajo de Rio Ostua del Municipio de Asunción Mita Jutiapa, para la fabricación de Concreto Estructural"

DIRECCION: Asunción Mita, Jutiapa

FECHA: 08 de Octubre de 2,010

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/inch ²
1	44-10	29/06/2010	3	Diseño de Mezcla	12.465	15.047	21,000	53.57	761.93
2	45-10	29/06/2010	3	Diseño de Mezcla	12.502	15.090	22,000	55.80	793.64
3	46-10	29/06/2010	7	Diseño de Mezcla	12.571	15.160	34,000	85.44	1215.23
4	47-10	29/06/2010	7	Diseño de Mezcla	12.487	15.133	30,500	76.91	1093.98
5	48-10	29/06/2010	28	Diseño de Mezcla	12.527	15.167	51,000	128.05	1821.24
6	49-10	29/06/2010	28	Diseño de Mezcla	12.489	15.123	52,000	131.31	1867.61

OBSERVACIONES :

- a) El interesado proporciono los materiales para la mezcla.
- b) El diseño teórico corresponde al INFORME S.C. - 335
- c) El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 10 cm.
- d) Modificación de agua: Cantidad original 200.00 lts/m³ a 263.41 lts/m³.
- e) Los agregados corresponden al Banco: Promaco 1

Atentamente,

Vo.Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC





Inga. Dilma Yanet Mejicanos
Jefa Sección de Concretos



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

EMG

Figura 41. Informe de la resistencia de los cilindros de concreto a compresión fabricados con material del banco Promaco II



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



Nº 21570

**RESISTENCIA DE CILINDROS DE CONCRETO
NORMA ASTM C-39**

INFORME No. S.C. - 494

O.T. No. 27094

HOJA 1/1

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, Carné 2004-12743

ASUNTO: ENSAYO A COMPRESION

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización Física, Mecánica, Química y Petrográfica de los Agregados Finos y Gruesos extraídos del banco de material ubicado entre la Finca Plura, Finca La Vega, Finca Monte Rico, Finca El Tule, Finca El Coco y la Finca Concepción, Aguas abajo de Río Ostua del Municipio de Asunción Mita Jutiapa, para la fabricación de Concreto Estructural"

DIRECCION: Asunción Mita, Jutiapa

FECHA: 08 de Octubre de 2,010

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/pig ²
1	50-10	29/06/2010	3	Diseño de Mezcla	12.797	15.133	24,500	61.78	878.77
2	51-10	29/06/2010	3	Diseño de Mezcla	12.753	15.140	24,000	60.47	860.08
3	52-10	29/06/2010	7	Diseño de Mezcla	12.738	15.127	33,500	84.55	1202.64
4	53-10	29/06/2010	7	Diseño de Mezcla	12.691	15.123	36,200	91.41	1300.14
5	54-10	29/06/2010	28	Diseño de Mezcla	12.695	15.147	54,500	137.20	1951.37
6	55-10	29/06/2010	28	Diseño de Mezcla	12.673	15.117	57,000	144.06	2048.99

OBSERVACIONES :

- El interesado proporciono los materiales para la mezcla.
- El diseño teórico corresponde al INFORME S.C. - 336
- El asentamiento obtenido en la mezcla fue de 8.5 cm.
- Modificación de agua: Cantidad original 195.00 lts/m³ a 231.56 lts/m³.
- Los agregados corresponden al Banco: Promaco 2

Atentamente,

Vo.Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
Directora CII/USAC





Inga. Dilma Yañez Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos

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

Figura 42. Informe de la resistencia de los morteros a compresión y tensión fabricados con arena del banco Promaco I



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



Nº 21532

DISEÑO DE MORTERO

INFORME No. S.C. - 467
HOJA 1/2

O.T. No. **27062**

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico, Carné: 2004-12743

ASUNTO: DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA A LA COMPRESION Y TENSION A 7 Y 28 DIAS

PROYECTO: Trabajo de Graduacion "Caracterizacion fisica, mecanica, quimica y petrografica de los agregados finos y gruesos extraidos: Del banco de materiales ubicados entre la finca plurina, finca la vega, los llantos y finca tule, aguas arriba del rio Ostua y del banco de materiales ubicados entre llanitos, finca monterico, finca el tule, finca el coco y finca Concepcion aguas abajo del rio Ostua del municipio de Asuncion Mita Jutiapa, para la fabricacion de Concreto Estructural".

FECHA: 5 de agosto de 2010

1.- Generalidades: El interesado proporcionó la muestra

2.- Procedimiento: El trabajose realizo de acuerdo a las instrucciones del interesado para el diseño de mortero, según Norma ASTM C-270, para ensayo a Compresion según Norma ASTM C-109 y para el ensayo a tension según Norma ASTM C-190.

3.- Proporciones: 1 : 4,84 : 0,92

3.- Resultados:

3.1- Resistencia a la Compresión:

No.	FECHA DE FUNDICION	EDAD en dias	AREA en cm ²	CARGA en Kg.	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	05/07/2010	7	25.806	1,068	41.40	588.81
2	05/07/2010	28	25.806	2,117	82.02	1166.60

3.1- Resistencia a la Tensión:

No.	FECHA DE FUNDICION	EDAD en dias	AREA en cm ²	CARGA en Kg.	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	05/07/2010	7	6.452	103	7.21	102.50
2	05/07/2010	28	6.452	188	13.18	187.50

ATENTAMENTE,

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




Inga. Dilma Yajet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos



E.R.

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

Figura 43. Informe de la resistencia de los morteros a compresión y tensión fabricados con arena del banco Promaco II (página 1)



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



Nº 21587

DISEÑO DE MORTERO

INFORME No. S.C. - 497

O.T. No. 27200

HOJA 1/1

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico Carné 2004-12743

ASUNTO: DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA A LA COMPRESION Y TENSION A 7 Y 28 DIAS

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de los agregados grueso y finos extraídos del banco de materiales ubicados en la finca Plurina, finca La Vega Los LLanitos y finca Tule, aguas arriba del río Ostua y del banco de materiales ubicados entre los llanitos, finca Monte Rico, finca El Tule, Finca Coco y finca Concepción aguas abajo del Río Ostua del municipio de Asunción Mita, Jutiapa para la fabricación de concreto Estructural".

FECHA: 13 de octubre de 2010.

- 1.- **Generalidades:** El interesado proporcionó la muestra
- 2.- **Procedimiento:** El trabajo se realizó de acuerdo a las instrucciones del interesado para el diseño de mortero, según Norma ASTM C-270, para ensayo a Compresión según Norma ASTM C-109 y para el ensayo a tensión según Norma ASTM C-190.
- 3.- **Resultados:**
 - 3.1- **Resistencia a la Compresión:**

No. CUBO	FECHA DE FUNDICION	EDAD en días	AREA en cm ²	CARGA en Kg.	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	05/07/2010	7	25.806	400	15.50	220.46
2	05/07/2010	7	25.806	450	17.44	248.02
3	05/07/2010	7	25.806	410	15.89	225.97

- 3.1- **Resistencia a la Tensión:**

No. BRIQUETA	FECHA DE FUNDICION	EDAD en días	AREA en cm ²	CARGA en Lbs.	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	05/07/2010	7	6.452	50	3.52	50.00
2	05/07/2010	7	6.452	50	3.52	50.00

OBSERVACIONES:

I. Muestra correspondiente al Banco Promaco II

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.

Inga. Telma Matricula Cano Morales
Directora CII/USAC



SECCION CONCRETOS

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos

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

Figura 44. Informe de la resistencia de los morteros a compresión y tensión fabricados con arena del banco Promaco II (página 2)



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



Nº 21588

DISEÑO DE MORTERO

INFORME No. S.C. - 498 O.T. No. 27200

HOJA 1/1

INTERESADO: Wilford Rolyn Ivan Lucero Gasparico Carné 2004-12743

ASUNTO: DISEÑO DE MEZCLA Y RESISTENCIA A LA COMPRESION Y TENSION A 7 Y 28 DIAS

PROYECTO: Trabajo de Graduación "Caracterización física, mecánica, química y petrográfica de los agregados grueso y finos extraídos del banco de materiales ubicados en la finca Plurina, finca La Vega Los LLanitos y finca Tule, aguas arriba del río Ostua y del banco de materiales ubicados entre los llanitos, finca Monte Rico, finca El Tule, Finca Coco y finca Concepción aguas abajo del Río Ostua del municipio de Asunción Mita, Jutiapa para la fabricación de concreto Estructural".

FECHA: 13 de octubre de 2010.

1.- Generalidades: El interesado proporcionó la muestra

2.- Procedimiento: El trabajo se realizó de acuerdo a las instrucciones del interesado para el diseño de mortero, según Norma ASTM C-270, para ensayo a Compresión, según Norma ASTM C-109 y para el ensayo a tensión según Norma ASTM C-190.

3.- Resultados:

3.1- Resistencia a la Compresión:

No. CUBO	FECHA DE FUNDICION	EDAD en días	AREA en cm ²	CARGA en Kg.	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	05/07/2010	28	25.806	1,000	38.75	551.15
2	05/07/2010	28	25.806	900	34.88	496.04
3	05/07/2010	28	25.806	850	32.94	468.48

3.1- Resistencia a la Tensión:

No. BRIQUETA	FECHA DE FUNDICION	EDAD en días	AREA en cm ²	CARGA en Lbs.	RESISTENCIA kg/cm ²	RESISTENCIA lb/plg ²
1	05/07/2010	28	6.452	125	8.79	125.00
2	05/07/2010	28	6.452	110	7.73	110.00

OBSERVACIONES:

I. Muestra correspondiente al Banco Promaco II

ATENTAMENTE,

Vo.Bo.



Inga. Telma Maricela Caño Morales
Directora CII/USAC





Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
Jefa Sección de Concretos



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