

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**Universidad de El Salvador**  
*Hacia la libertad por la cultura*

**“ANÁLISIS DE CALIDAD FÍSICO Y MECÁNICO DE LOS AGREGADOS PÉTREOS  
PARA CONCRETO, DE LOS PRINCIPALES BANCOS DE MATERIALES DE LA  
ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR”**

PRESENTADO POR:

**GUZMÁN REYES, ALBA ROSIBEL**

**ZAMBRANO GÓMEZ, MILAGRO VICTORINA**

**ZAVALA DE GOMÉZ, MAYRA DE JESÚS**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

DOCENTE DIRECTOR:

**ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ**

**CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, FEBRERO DE 2014**

**SAN MIGUEL**

**EL SALVADOR**

**CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

**RECTOR**

**MAESTRA ANA MARÍA GLOWER DE ALVARADO**

**VICE-RECTORA ACADÉMICO**

**DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA**

**SECRETARÍA GENERAL**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ**

**DECANO**

**LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ**

**VICE-DECANO**

**LIC. JORGE ORTEZ HERNÁNDEZ**

**SECRETARIO**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**INGA. MILAGRO DE MARÍA ROMERO BARDALES**

**COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

**ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ**

**DOCENTE DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OPCIÓN AL GRADO DE:**  
**INGENIERO CIVIL**

**TITULO:**

**“ANÁLISIS DE CALIDAD FÍSICO Y MECÁNICO DE LOS AGREGADOS  
PÉTREOS PARA CONCRETO, DE LOS PRINCIPALES BANCOS DE  
MATERIALES DE LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR”**

**PRESENTADO POR:**

**GUZMÁN REYES, ALBA ROSIBEL**  
**ZAMBRANO GÓMEZ, MILAGRO VICTORINA**  
**ZAVALA DE GOMÉZ, MAYRA DE JESÚS**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

**ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ**  
**DOCENTE DIRECTOR**

**CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, FEBRERO DE 2014**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

---

**INGA. MILAGRO DE MARÍA ROMERO BARDALES**  
**COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

---

**ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ**  
**DOCENTE DIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTOS ESPECIALES**

Queremos agradecer de manera muy especial a todas aquellas instituciones y personas que contribuyeron de manera desinteresada a la culminación de nuestro trabajo de graduación:

A la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, por permitirnos formar parte de gran magna Universidad como estudiantes.

A todos los docentes, por el conocimiento transmitido en los años de formación. En especial a nuestro docente director en el proyecto de graduación: Ing. Luis Clayton Martínez.

A los dueños de las canteras estudiadas, por abrir las puertas de sus instalaciones y brindarnos el material pétreo necesario para ser ensayado.

A la empresa privada CONSTRUEQUIPO S.A. DE C.V. por abrir las puertas del Laboratorio de Suelos y Materiales y prestarnos ayuda técnica siempre que la necesitamos.

**ALBA GUZMÁN, MILAGRO ZAMBRANO, MAYRA ZAVALA.**

## **DEDICATORIA**

A DIOS, TODO PODEROSO POR GUIARME EN SUS CAMINOS Y PORQUE ME HA PERMITIDO ALCANZAR ESTA META CON SU BENDICIÓN EN TODO MOMENTO.

A MI MADRE GREGORIA MARGARITA GUZMÁN, POR SU AMOR, APOYO INCONDICIONAL, Y SACRIFICIOS PARA LLEGAR A SER UNA PROFESIONAL, ASÍ COMO TAMBIÉN A MI PADRE, JERÓNIMO REYES, POR SU AMOR SIEMPRE HACIA MÍ AUNQUE NO A ESTADO A MI LADO.

A MIS HERMANOS, Y TODA MI FAMILIA POR APOYARME SIEMPRE EN EL TRANSCURSO DE TODA LA CARRERA.

A MIS COMPAÑERAS DE TESIS, POR SUS ESFUERZOS Y DEDICACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO, COMO POR SU AMISTAD.

A MI NOVIO POR ESTAR CONMIGO, MUCHAS GRACIAS.

A MIS AMIGOS, COMPAÑEROS DE CLASES Y TODAS LAS PERSONAS, QUE DE UNA U OTRA FORMA COLABORARON DE MANERA DESINTERESADA EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO DE GRADUACIÓN.

**ALBA ROSIBEL GUZMÁN REYES.**

## **DEDICATORIA**

GRACIAS A MI FAMILIA:

EN ESPECIAL A MIS PADRES: HERBERTH Y MILAGRO POR LLENARME DE AMOR, COMPENSIÓN Y AMISTAD EN TODO MOMENTO.

A MIS HERMANOS: VLADI, ALBI Y TOÑO. SIENDO TAN DIFERENTES HAN SIDO OTROS PADRES Y AMIGOS PARA MÍ.

A MIS COMPAÑERAS DE PROYECTO DE GRADUACIÓN:

ALBA GUZMÁN Y MAYRA ZAVALA POR EL TRAYECTO RECORRIDO.

A MI COMPAÑERO Y AMIGO NOÉ RIVERA; POR SER COMO ES.

A L@S AMIG@S QUE SE CONVIRTIERON EN MIS HERMAN@S:

FLOR, STEVEN, BEA, ALBA, JOSUÉ, ESAÚ Y MARLON DANILO.

**MILAGRO VICTORINA ZAMBRANO GÓMEZ.**



## **DEDICATORIA**

### **A DIOS TODO PODEROSO:**

Por darme primeramente la vida, fuerzas en mis momentos de flaqueza, bendiciones en mi vida, por gobernar mi vida y guiar mis pasos, por haberme dado una familia hermosa y poner amigos sinceros a mí alrededor y por haberme permitido alcanzar esta meta y a mi Virgencita de Guadalupe por ser mi intercesora.

### **A MIS PADRES:**

Marcos Zavala y Juanita de Zavala, por su amor incondicional, sus sacrificios al permitir mi formación académica, su comprensión, sus enseñanzas, apoyo, consejos, por inculcarnos los valores éticos y espirituales, por ser los padres más hermosos que Dios puso en mi vida, los amo y este triunfo es más de ustedes.

### **A MIS HERMANOS:**

Ever, Joaquín, Enrique, Anita y Yessi....Por su cariño, enseñanzas, consejos, por esa unión de hermanos que nuestros padres nos han enseñado ha permitido ser los mejores hermanos en todo momento, los quiero mucho.

### **A MI HIJA:**

Fátima Denise, mi razón de vivir, mi mundo, la luz de mi vida... mi todo... te amo mucho hija preciosa.

**A MI ESPOSO:**

Earl Gómez, por tu amor, comprensión, consejos, enseñanzas en mi formación académica y por permitir que tengamos una familia linda... te amo mucho.

**MIS SOBRINOS:**

Matt, Kelly, Samuelito, Sofy, Gaby y Kevin. Los quiero muchos mis niños bellos.

**A MIS COMPAÑERAS DE PROYECTO DE GRADUACION:**

Alba Guzmán y Milagro Zambrano, por su amistad, comprensión y respeto durante todo el proyecto.

**A MIS AMIGOS:**

NORMA más que mi amiga... mi hermana y comadre, sabes cuánto te quiero y agradezco porque me enseñaste mucho acerca de Dios y por ser quien me escucha y siempre tiene una solución para todo, te quiero amiga.

Josué, Noé, Fredi, por encontrarlos en el trayecto de la carrera y por formar parte importante en mi vida.

A demás familia: abuelos, tíos, cuñad@s, suegra por formar parte importante en mi vida.

**MAYRA DE JESÚS ZAVALA.**



## ÍNDICE TEMÁTICO

	<b>Página</b>
INTRODUCCIÓN.....	i
<b><i>CAPITULO I: GENERALIDADES.....</i></b>	<b>2</b>
1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2    JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3    OBJETIVOS.....	6
1.4    ALCANCES.....	7
1.5    LIMITANTES.....	8
1.6    METODOLOGÍA.....	9
A.    TIPO DE ESTUDIO.....	9
B.    UNIDAD DE ANALISIS.....	9
C.    MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
D.    TÉCNICA A UTILIZAR.....	11
<b><i>CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL.....</i></b>	<b>14</b>
2.1    MARCO TEORICO.....	14
2.1.1    AGREGADOS PARA EL CONCRETO.....	14
2.1.2    FORMA Y TEXTURA DE LOS AGREGADOS.....	21
2.2    ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS..	24
2.2.1.    DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA NORMA ASTM C-33.....	25
2.2.2    ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD, PESO ESPECÍFICO Y PESO UNITARIO.....	29
2.2.3    SANIDAD DE LOS AGREGADOS.....	31



2.3	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS .....	33
2.3.1	RESISTENCIA DE LAS PARTÍCULAS DEL AGREGADO .....	33
2.4	MARCO NORMATIVO .....	34
2.4.1	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DE AGREGADOS.....	35
2.4.2	PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGREGADO A TAMAÑO DE PRUEBA.....	38
2.4.3	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	41
2.4.4	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO.....	46
2.4.5	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD BRUTA (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS.....	52
2.4.6	MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.....	56
2.4.7	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA SANIDAD DE LOS AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO.....	60
2.4.8	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO PEQUEÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.....	68
<b>CAPITULO III: BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS .....</b>		<b>74</b>
3.1	GENERALIDADES.....	74
3.2	GEOMORFOLOGÍA .....	75
3.3	GEOLOGÍA.....	76
3.4	SELECCIÓN, LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS A ANALIZAR.....	78
3.5	CANTERA PRO BLOCK S.A. DE C.V.....	79



3.6	CANTERA LA HULERA.....	87
3.7	CANTERA EL ÁNGEL.....	94
<b><i>CAPITULO IV: MEMORIA DE CÁLCULO .....</i></b>		<b><i>100</i></b>
4.1	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	100
4.2	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO.....	113
4.3	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD BRUTA (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS.....	128
4.4	MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.....	153
4.5	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA SANIDAD DE LOS AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO.....	163
4.6	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO PEQUEÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.....	173
<b><i>CAPITULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....</i></b>		<b><i>177</i></b>
5.1	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	177
5.2	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO.....	178
5.3	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD BRUTA (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS.....	180



5.4	MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS. ....	183
5.5	MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA SANIDAD DE LOS AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO .....	190
5.6	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO PEQUEÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES. ....	193
5.7	ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	194
	<b><i>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i></b>	<b>210</b>
	CONCLUSIONES.....	213
	RECOMENDACIONES.....	216
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>215</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>222</b>
	ANEXO A. MANUAL DE DETERMINACION DE LA SANIDAD (IMCYC) PARTE I.....	223
	ANEXO B. MANUAL DE IMCYC PARTE II.....	228



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración</b>	<b>Página</b>
Ilustración A. Diagrama de Proceso de Metodología.....	12
Ilustración 1. Agregado Grueso.....	17
Ilustración 2. Agregado Fino.....	17
Ilustración 3. Redondez del Agregado.....	23
Ilustración 4. Cuarteo Manual.....	40
Ilustración 5. Mapa Geomorfológico de El Salvador.....	75
Ilustración 6. Mapa Geológico de El Salvador.....	76
Ilustración 7. Material Fino.....	81
Ilustración 8. Material Grueso.....	81
Ilustración 9. Acceso Principal a Cantera Pro-Bloc.....	82
Ilustración 10. Máquina usada para Trituración.....	83
Ilustración 11. Vista lateral y panorámica del equipo de Trituración y Transportación del material.....	83
Ilustración 12. Transportación del material para la trituración.....	88
Ilustración 13. Clasificación del material triturado.....	89
Ilustración 14. Maquinaria triturando el material pétreo.....	89
Ilustración 15. Instalaciones de la Pedrera La Hulera.....	90



Ilustración 16. Material Final de la Trituración.....	91
Ilustración 17. Seguridad Laboral.....	91
Ilustración 18. Material Triturado.....	95
Ilustración 19. Material en Acopio.....	95
Ilustración 20. Acceso a carga de material.....	96
Ilustración 21. Proceso de Trituración Terminado.....	96
Ilustración 22. Maquinaria de Transportación.....	96
Ilustración 23. Calle de Acceso para Carga de Material.....	97
Ilustración 24. Granulometría Pro-Block, Agregado Fino.....	184
Ilustración 25. Granulometría La Hulera, Agregado Fino.....	185
Ilustración 26. Granulometría El Ángel, Agregado Fino.....	186
Ilustración 27. Granulometría Pro-Block, Agregado Grueso.....	187
Ilustración 28. Granulometría La Hulera, Agregado Grueso.....	188
Ilustración 29. Granulometría El Ángel, Agregado Grueso.....	189





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
Tabla I. Características a cumplir por los agregados para concreto.....	19
Tabla II. Límites de granulometría para el agregado.....	25
Tabla III. Clasificación de la arena por su módulo de finura.....	26
Tabla IV. Límites de sustancias deletreas en agregado fino.....	27
Tabla V. Graduación de Agregados.....	37
Tabla VI. Requisito de Masa Mínima de la Muestra.....	43
Tabla VII. Tamaño Máximo Nominal de Agregado Grueso.....	57
Tabla VIII. Tamaño de los Tamices para Agregado.....	63
Tabla IX. Tamaño de Tamices para Agregado Grueso.....	64
Tabla X. Malla a utilizar para determinar la pérdida.....	67
Tabla XI. Graduación de la muestra de prueba.....	70
Tabla XII. Grados de Muestra de Prueba.....	71
Tabla XIII. Resultados de la norma ASTM-C127 Pro-Block.....	177
Tabla XIV. Resultados de la norma ASTM-C127 La Hulera.....	178
Tabla XV. Resultados de la norma ASTM-C127 El Ángel.....	179
Tabla XVI. Cuadros resumen de resultados de la norma ASTM C-128 para las canteras evaluadas.....	179



Tabla XVII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Densidad Bruta Método Varillado para Agregado Fino.....	180
Tabla XVIII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Densidad Bruta Método Suelto para Agregado Fino.....	180
Tabla XIX. Cuadro Resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Densidad Bruta Método Varillado para Agregado Grueso.....	181
Tabla XX. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Densidad Bruta Método Suelto para Agregado Grueso.....	181
Tabla XXI. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Porcentaje de Vacíos, Método Varillado para Agregado Fino.....	181
Tabla XXII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Porcentaje de Vacíos, Método Suelto para Agregado Fino.....	182
Tabla XXIII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Porcentaje de Vacíos, Método Varillado para Agregado Grueso.....	182
Tabla XXIV. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Porcentaje de Vacíos, Método Suelto para Agregado Grueso.....	182
Tabla XXV. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, Pro-Block para Agregado Fino.....	183
Tabla XXVI. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, La Hulera para Agregado Fino.....	184
Tabla XXVII. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, El Ángel para Agregado Fino.....	185



Tabla XXVIII. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, Pro-Block para Grueso Agregado.....	186
Tabla XXIX. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, La Hulera para Agregado Grueso.....	187
Tabla XXX. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, El Ángel para Agregado Grueso.....	188
Tabla XXXI. Cuadro resumen de resultados promediados de norma ASTM C-88 de Pro-Block. Agregado Fino.....	190
Tabla XXXII. Cuadro resumen de resultados promediados de norma ASTM C-88 de Pro-Block, Agregado Grueso.....	191
Tabla XXXIII. Cuadro resumen de resultados promediados de la norma ASTM C-88 de La Hulera, Agregado Fino.....	191
Tabla XXXIV. Cuadro resumen de resultados promediados de la norma ASTM C-88 de La Hulera, Agregado Grueso.....	192
Tabla XXXV. Cuadro resumen de resultados promediados de la norma ASTM C-88 de El Ángel, Agregado Fino.....	192
Tabla XXXVI. Cuadro resumen de resultados promediados ASTM C-88 de El Ángel, Agregado Grueso.....	193
Tabla XXXVII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-131 para las canteras evaluadas.....	193



## INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las características físicas y mecánicas que los materiales de construcción presentan tanto individualmente como parte de una masa de concreto o asfalto, es de mucha importancia, ya que estas características son los indicadores que de manera cualitativa y cuantitativa determinan su futuro comportamiento al ser usados en una obra civil. Entre estos materiales de construcción se encuentran los agregados pétreos tanto los graduados como finos y gruesos.

Existen normas que determinan y cuantifican la calidad de la grava y arena, bajo ciertos efectos físicos y mecánicos. Dentro de estas normas se encuentran las Pruebas Estándar Americanas para Materiales (ASTM por sus siglas en inglés), que son pruebas que se han desarrollado desde los años 80 y que se les realizan a diferentes materiales (no precisamente de construcción) para estandarizar resultados y establecer límites de calidad.

Entre estas normas se encuentran las que estudian características tales como densidad, densidad relativa, porcentaje de vacíos. Que son propiedades físicas de los materiales; así como el porcentaje de pérdida de material ante diferentes tipos de carga a las que son sujetos los agregados y que son establecidos para determinar su comportamiento mecánico.



En nuestro país estas normas son las que rigen una gran cantidad de ensayos que se les realizan a los materiales.

En el actual trabajo de investigación se desarrolla el estudio de diversas características tanto físicas como mecánicas, a los agregados pétreos de la zona oriental de El Salvador, los cuales por ser, ya sea de mayor trayectoria como banco de material para constructores o por su volumen de explotación han sido seleccionados para ser evaluados a través de las normas ASTM las cuales rigen los procedimientos para ensayarlos, así como también el conocer la calidad de estos, para lograr una idea generalizada de cuál será el comportamiento dentro de una pasta de concreto y la calidad final que pueda presentar en una obra civil.

Se encontrarán los cuadros resumen de los ensayos para cada una de las canteras tanto para agregado fino como para grueso. Dependiendo de los resultados obtenidos se establecen una serie de construcciones civiles viables que pueden llevarse a cabo con estos materiales.

# CAPITULO I



**GENERALIDADES**



## **CAPITULO I: GENERALIDADES**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las obras civiles construidas a base de concreto son las predominantes en nuestro medio, por lo tanto la calidad y economía final de éste; es el motivo principal para el conocimiento de su comportamiento como una pasta homogénea, así como interesa de igual manera el estudio de sus materiales llenantes, como lo son la arena y grava.

Las normas ASTM estandarizan diferentes ensayos que permiten conocer el comportamiento físico y mecánico de los agregados, especificando la calidad de cada uno de ellos para su posterior utilización en una obra.

En la zona oriental no hay registros próximos de estudios que se centren únicamente en los agregados, ya que cada empresa constructora que oferta un proyecto, determina los ensayos correspondientes a realizar dependiendo de la obra a construir, lo que puede indicar una predisposición a resultados a obtener así como una guía limitada de datos finales en los cuales no se encuentran un numero de datos suficientes para tomar decisiones acerca de los agregados con respecto a sus características físicas y mecánicas. Todo lo anterior explica por qué investigaciones centradas a estos no se desarrollan.

En las investigaciones a concretos tanto en sus propiedades y características propias; indirectamente relacionan a los agregados, pero no lo toman como un material que pueda definir la calidad. Donde la calidad final de un concreto es de suma importancia para los



constructores interesados en ofertar una obra, por lo que esta tiene que cumplir con los rigores de funcionalidad, durabilidad, seguridad y economía. Allí radica la importancia de conocer el comportamiento de los agregados que formaran parte de la masa de concreto.





## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Cada día se usa en nuestro medio así como alrededor del mundo el concreto como un material de construcción que se moldea fácilmente, que soporta cargas estructurales de gran magnitud, que posee gran variedad de características que ayudan a obtener construcciones de gran calidad tanto en serviciabilidad como estructuralmente.

Es por ello que conocer las propiedades de los elementos, que conforman la pasta de concreto es vital para explotar al máximo la economía en una obra civil. Estos elementos son: el cemento, agua, agregados y aditivos. Dentro de los agregados se encuentran la arena y grava, que el actual trabajo de investigación se centra en el estudio de características físicas y mecánicas de estos.

Si se remonta a los últimos diez años, no existe ningún trabajo en el cual se realice una investigación con base a normas estandarizadas a los agregados tanto finos como gruesos en nuestro país. Si bien existen algunos en los cuales hablan de rangos, resumen de normas, o aplicaciones de ciertos agregados en algunas condiciones específicas. No hay ninguno en el cual todas esas partes formen un solo documento. Dicho documento es el fin de este proyecto de investigación. Es crear un escrito que sirva de guía, tanto a estudiantes afines a las ramas de la Ingeniería Civil como a profesionales del área de la construcción en donde podrán encontrar desde los orígenes del material a estudiar (en el caso del presente, materiales de la zona oriental de El Salvador), el método de extracción, sus



propiedades físicas y mecánicas según normas internacionales, resumen de resultados y la interpretación de los mismos. En esta última sección se realiza un resumen de las propiedades tanto de la arena como de la grava y su futuro comportamiento ante determinados usos, todo para ser más fácil el trabajo de elegir que agregado es el más útil para el concreto que deseamos crear y el proporcionamiento más adecuado.



## 1.3 OBJETIVOS

### General:

- Estudiar las propiedades físicas y mecánicas de agregados pétreos de la zona oriental, a través de normas ASTM.

### Específicos:

- Seleccionar los bancos de materiales más representativos de la zona oriental.
- Extraer materiales pétreos de las canteras Pro- Block, La Hulera y El Ángel localizados en los Departamentos de San Miguel, Usulután y La Unión respectivamente. Y Ensayarlos según lo establecido por las normas ASTM D-75, ASTM C-702, ASTM C-127, ASTM C-128, ASTM C-29, ASTM C-136, ASTM C-131 y ASTM C-88.
- Determinar que cantera proporciona los agregados con mejor comportamiento antes las normas a ensayar y según el tipo de obra civil a construir cual es el más conveniente a usar.



## 1.4 ALCANCES

El estudio se rigió por lo siguiente:

- La investigación sobre el análisis de la calidad de los materiales pétreos, está enfocada en tres canteras de la zona oriental del país, para conocer sus características físicas y mecánicas, a través de ensayos establecidos en normas ASTM.
- Se realizaron los siguientes ensayos para determinar la calidad de los agregados tanto fino (arena) como grueso (grava N° 1): ASTM C 127, ASTM C 128, ASTM C 29, ASTM C 136, ASTM C 131, ASTM C88.
- Se hizo uso de laboratorio de Suelos y Materiales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, para la realización de los ensayos que determinaron la calidad física de los agregados, ocupando el equipo disponible como horno, tamices, balanza, termómetro, etc. Así como el laboratorio de Suelos y Materiales de la empresa privada Construequipos S.A DE C.V. que determino la calidad mecánica a través del ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles



## 1.5 LIMITANTES

Al realizar los análisis de calidad a los materiales pétreos, en nuestro estudio se encontraron diversos inconvenientes que afectaron de manera negativa la investigación, los cuales limitan el alcance de éste. A continuación se enumeran:

- La investigación realizada estaba dirigida al estudio de agregados pétreos de la zona oriental. Para seleccionar los bancos de materiales de los cuales se extrajeron los agregados a evaluar, se tomó en cuenta la cantidad de volumen explotado, así como también si en los alrededores existían otras canteras de igual tradición de explotación. Las canteras que se presentan en el actual estudio son de los Departamentos de San Miguel, Usulután y La Unión. La razón por la cual falta material que represente el Departamento de Morazán es debido a que no existe una cantera de donde se extraiga material granular natural o triturado, por lo tanto se limitó a trabajar con tres de los cuatro departamentos orientales.
- En El Salvador no existe una normativa adaptada de las ASTM a las condiciones económicas, ambientales y/o sociales; por lo que los estudios se realizaron con lo establecido por éstas. Los resultados obtenidos están regidos a los procedimientos presentados en cada norma original.



## 1.6 METODOLOGÍA

### A. TIPO DE ESTUDIO

#### *Investigación Explorativa.*

Este tipo de estudio tuvo como propósito recabar información enfocada a la realización de pruebas de ensayos, para determinar la calidad de los agregados para ser utilizados en el concreto. Específicamente pruebas establecidas por las ASTM que son aplicadas comúnmente en nuestro medio; así como otras no tan comunes.

Para el estudio debido a que es una investigación explorativa, el uso de hipótesis no tiene una aplicación sencilla como si fuera el caso de otro tipo de investigación; en las cuales se tienen características iguales entre todos los datos obtenidos. E incluso en las normas ASTM C-131 y ASTM C-88 establece que no se pueden realizar comparaciones entre los materiales ensayados, esto esclarece lo anteriormente dicho. De que los datos no poseen las características para poder ser analizados estadísticamente entre ellos. Los datos de las canteras ensayados por medio de la misma norma, no se analizaron estadísticamente debido a que se están trabajando como un conjunto y analizarlos conllevaría trabajar de manera independiente y con métodos diferentes para cada uno.

### B. UNIDAD DE ANALISIS

La zona de estudio son las canteras donde se tomaron los agregados finos y gruesos para obtener una muestra de cada una, a los cuales se les realizó los ensayos pertinentes.



## C. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Secuencia de la investigación:

### **Fase 1.** *Recolección de información pertinente y óptima relacionada con la investigación.*

Esta etapa incluyó la clasificación y depuración de la información obtenida, así como un análisis sintético de esta. Por medio de información utilizable a través de documentos disponibles en internet.

### **Fase 2.** *Realización de Ensayos en Laboratorio.*

Los ensayos se hicieron siguiendo procedimientos e instrucciones de normas que especificaban la preparación del ensayo. Para estos se ocuparon laboratorios con instrumentos necesarios y adecuados para su desarrollo.

### **Fase 3.** *Obtención de Resultados.*

La etapa contó con la información de los resultados obtenidos por medio de los ensayos realizados.

### **Fase 4.** *Conclusiones*

Fase final de la investigación, donde después de verificar los datos; se realizaron las conclusiones sobre el tema investigado.



#### **D. TÉCNICA A UTILIZAR**

Se procedió a la realización de estudios de laboratorio según:

Norma ASTM D-75, para práctica estándar de muestreo de agregados.

Norma ASTM C-702, para reducción de muestras a tamaños de ensayo.

Norma ASTM C-127, para método de ensayo de gravedad específica y absorción de agregado grueso.

Norma ASTM C-128 para método de ensayo de gravedad específica y absorción de agregados finos.

Norma ASTM C-29, para método de ensayo de densidad bruta (peso unitario) y vacíos en los agregados.

Normas ASTM C 136 para método de prueba de análisis de tamiz de agregados finos y gruesos

Norma ASTM C 88, para método de ensayo de sanidad de los agregados mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

Normas ASTM C 131 para método de prueba de resistencia a degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles

Se desarrollaron procedimientos de acuerdo a las normas mencionadas anteriormente, utilizando instrumentos y herramientas específicas.





**DIAGRAMA DE PROCESO DE METODOLOGIA**



**Ilustración A. Diagrama de Proceso de Metodología**

## **CAPITULO II**



**MARCO  
REFERENCIAL**



## CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO TEORICO

#### 2.1.1 AGREGADOS PARA EL CONCRETO

##### *FUNCIÓN, CLASIFICACIÓN, CARACTERÍSTICAS, FORMA Y TEXTURA.*

Los agregados son definidos en el documento ACI –116 (Terminología del Cemento y del Concreto), como materiales granulares tales como arena, grava, roca triturada, concreto hidráulico reciclado o escoria de alto horno, que varían de unas cuantas micras hasta un tamaño especificado y se usan junto con un medio cementante hidráulico para producir ya sea concreto o mortero. Es importante señalar que el hecho de que los agregados satisfagan los requisitos de la normas, no garantiza necesariamente un concreto libre de defectos.

La razón principal para utilizar agregados dentro del concreto, es que éstos actúan como material de relleno, haciendo más económica la mezcla. Los agregados, en combinación con la pasta fraguada, proporcionan parte de la resistencia del concreto.

Cuando la mezcla de concreto pasa del estado plástico al estado endurecido durante el proceso de fraguado, los agregados controlan los cambios volumétricos de la pasta evitando que se generen agrietamientos por retracción plástica, los cuales pueden afectar la resistencia del concreto.



### ✚ Función de los agregados

Entre las funciones principales de los agregados, se pueden señalar las siguientes:

- I. En la pasta, forman una unión de tal manera que se genera una superficie de adherencia que disminuye los cambios de volumen y se disminuye el volumen total que puede sufrir contracción.
- II. Proveen una masa de partículas aptas para resistir la acción de cargas aplicadas, abrasión, paso de humedad y acción climática.
- III. Son un relleno relativamente económico para el material cementante, si se toma en cuenta que los agregados son más económicos que el cemento.
- IV. Reducen los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, así como los cambios de humedad en la pasta de cemento.
- V. En estado plástico, el agregado fino (arena) y la pasta actúan como lubricantes de las partículas más gruesas para que el concreto pueda ser mezclado, transportado, colocado, compactado y terminado en forma adecuada.
- VI. Aportan parte de la resistencia propia a la resistencia a la compresión del concreto.

### ✚ Clasificación general de los agregados

La clasificación general de los agregados se puede realizar por:

- I. Su origen**
- II. El modo de fragmentación**
- III. El tamaño de sus partículas.**



✓ **Por su origen**

Los agregados para concreto, son una mezcla de rocas y minerales. Un mineral es una sustancia sólida natural que tiene una estructura interna ordenada. Las rocas que dependiendo de su origen se pueden clasificar como ígneas, sedimentarias o metamórficas, se componen generalmente de varios minerales, por ejemplo el granito que contiene cuarzo, feldespato, mica y otros.

- 1) *Rocas ígneas*
- 2) *Rocas sedimentarias*
- 3) *Rocas metamórfica*

✓ **Por el modo de fragmentación**

Por el método de fragmentación, los agregados se clasifican en:

- 1) *Naturales*
- 2) *Manufacturados*
- 3) *Mixtos*

✓ **Por el tamaño de las partículas**

Los agregados se dividen por el tamaño de sus partículas en dos grandes categorías:



### **1. Agregado Grueso**

El agregado grueso (grava), se refiere a partículas de agregado mayores de 4.75 mm (malla No. 4).



**Ilustración 1. Agregado Grueso**  
*Fuente: trituradoras-de-roca.*

### **2. Agregado Fino**

El término agregado fino (arena), se refiere a partículas de agregado menores de 4.75 mm, pero mayores de 75 micras (malla No. 200), y resulta de la desintegración natural y de la abrasión de la roca o del procesado de trituración de piedra.



**Ilustración 2. Agregado Fino**  
*Fuente: [www.chancadoras.org](http://www.chancadoras.org)*



Los agregados deben cumplir con ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo:

- I. Deben consistir en partículas durables.
- II. Limpias.
- III. Duras.
- IV. Resistentes.
- V. Libres de productos químicos absorbidos, arcilla u otros materiales que afecten la hidratación y adherencia a la pasta de cemento.

Las partículas de agregados que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse no se deben usar en la elaboración de concreto o que contengan cantidades apreciables de esquivo de materiales suaves y porosos, por tener baja resistencia al intemperismo y pueden causar defectos en la superficie del concreto.

Los agregados de peso normal, como arena, grava o piedra triturada deben cumplir los requisitos de la norma **ASTM C 33 - 03** (Especificaciones estándar de agregados para concreto), la cual limita las cantidades permisibles de sustancias deletéreas e indica las características a cumplir por los agregados empleados en la fabricación del concreto.

No obstante, los agregados que satisfagan los requisitos de la norma **ASTM C 33 - 03**, no garantiza un concreto libre de defectos.

Tal cumplimiento se lleva a cabo por medio de alguna o varias de las diversas pruebas estandarizadas ASTM que se citan en la tabla la tabla N° 1.



## CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

**Tabla I. Características a cumplir por los agregados para concreto**

Propiedad	Importancia	Designación de la prueba	Requisitos o características reportadas
Resistencia al desgaste y a la degradación	Índice de calidad del agregado; resistencia la desgaste de pisos y aceras.	ASTM C 131 - 03 ASTM C 535 - 03 ASTM C 778 – 02	Porcentaje máximo de pérdida de peso. Profundidad del desgaste y tiempo.
Resistencia a la congelación y al deshielo	Descascaramiento de la superficie, aspereza, pérdida de sección y deformación.	ASTM C 666 – 97	Número máximo de ciclos o periodo de inmunidad a la congelación, factor de durabilidad.
Resistencia a la desintegración por sulfatos.	Sanidad contra la acción del intemperismo.	ASTM C 88 – 99	Pérdida de peso, partículas exhibiendo fallas.
Forma de la partícula y textura superficial.	Trabajabilidad del concreto en estado fresco.	ASTM C 295 – 03	Porcentaje de partículas planas y alongadas.
Granulometría.	Trabajabilidad del concreto en estado fresco, economía.	ASTM C 117 - 95 ASTM C 136 – 01	Porcentaje máximo y mínimo que pasan las mallas.
	Calculo para el diseño de mezclas, clasificación.	ASTM C 29 – 03	Peso compacto y peso suelto.
Peso volumétrico o densidad en masa.	Calculo para el diseño de mezclas.	ASTM C 128 - 01 ASTM C 127 – 01	





		ASTM C 70 - 01	Que la resistencia exceda el
Absorción y humedad superficial	Control de calidad del concreto.	ASTM C 127 - 01	95% de la resistencia
		ASTM C 128 - 01	lograda con arena
		ASTM C 566 – 97	purificada.
Resistencia a la compresión y flexión.	Aceptación del agregado fino cuando otras pruebas fallan	ASTM C 39 - 01	
		ASTM C 78 – 02	
Definiciones de los componentes	Aclarar el entendimiento y la comunicación	ASTM C 125 - 03	
		ASTM C 294 – 98	
		ASTM C 40 - 99	
		ASTM C 87 - 03	
Componentes de los agregados.	Determinar la cantidad de materiales orgánicos y deletéreos.	ASTM C 117 - 95	Porcentaje mínimo de los
		ASTM C 123 - 98	componentes individuales.
		ASTM C 142 - 97	
		ASTM C 295 – 97	
Resistencia a la reactividad con los álcalis y cambio volumétrico.	Sanidad contra el cambio de volumen.	ASTM C 227 - 97	Cambio longitudinal
		ASTM C 289 - 02	máximo y componentes de
		ASTM C 295 - 03	sílice y alcalinidad.
		ASTM C 596 - 01	



### **❏ Características a evaluar de los agregados**

Las características a evaluar de los agregados (tabla 1), están asociadas a ensayos que proporcionan los valores que presentan los agregados en cuestión y los requisitos mínimos que deberán cumplir cada agregado para ser aceptado en la fabricación del concreto estas son:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| ✓ Forma y textura      | ✓ Granulometría                               |
| ✓ Peso específico      | ✓ Tamaño máximo del agregado                  |
| ✓ Absorción            | ✓ Peso volumétrico unitario                   |
| ✓ Contenido de humedad | ✓ Resistencia al desgaste del agregado grueso |
| ✓ Impurezas orgánicas  | ✓ Estabilidad química                         |
| ✓ Sanidad              |   |

#### **2.1.2 FORMA Y TEXTURA DE LOS AGREGADOS**

La forma y tamaño de los agregados influyen sobre la resistencia y calidad del concreto. Su influencia viene determinada indirectamente por la cantidad de agua que es necesaria añadir a la mezcla para obtener la docilidad y compactación necesarias.

#### **❏ Forma de los agregados**

Se entiende por coeficiente de forma de un agregado el obtenido a partir de un conjunto de granos, según la relación entre la suma de sus volúmenes y la suma de los volúmenes de las esferas circunscritas a cada grano.



La forma y la textura superficial de las partículas de un agregado influyen en las propiedades del concreto fresco más que las del concreto endurecido. Las partículas con textura áspera, angulares o alongadas requieren más agua para producir un concreto trabajable que agregados lisos, redondeados y compactos. Además, las partículas de agregado angulares requieren más cemento para mantener la misma relación agua-cemento. Sin embargo, con la granulometría satisfactoria, tanto los agregados triturados como los no triturados (de un mismo tipo de roca), generalmente, producen concretos con la misma resistencia, si se mantiene el contenido de cemento. Los agregados angulares o con granulometría pobre también pueden ser más difíciles de bombear.

La adherencia entre la pasta de cemento y un determinado agregado generalmente aumenta con el cambio de partículas lisas y redondeadas por las ásperas y angulares.

Cuando la resistencia a flexión es importante o cuando se necesite alta resistencia a compresión, se debe considerar este aumento de la adherencia al elegirse el agregado para el concreto.

La cantidad de vacíos de los agregados fino y grueso compactados se puede usar como un índice de las diferencias en la forma y la textura de los agregados con la misma granulometría. La demanda de agua de mezcla y cemento normalmente aumentan con el aumento de la cantidad de vacíos. Los vacíos entre las partículas de agregados aumentan con la angularidad del agregado.



Las partículas en lo posible, serán rugosas y redondeadas donde la redondez es la medida de filo o angulosidad relativa de los bordes o esquinas.

La redondez está en función de la resistencia a la compresión y a la abrasión de la roca original, del tipo de trituradora que se usa y de la relación de la reducción (relación entre el tamaño del material que entra y el tamaño del producto terminado).



**Ilustración 3. Redondez del Agregado**  
*Fuente: <http://www.arquigrafico.com>*

### **✚ Superficie de los agregados**

La rugosidad de un agregado se conoce como su textura. Una textura muy rugosa necesita una elevada proporción de finos para mejorar su docilidad.



La unión entre la pasta de cemento y los agregados es tanto menor cuanto más liso sea la superficie de los agregados; por esto para obtener elevadas resistencias es conveniente utilizar agregados de superficie rugosa.

Ya que la adherencia que se genera entre pasta y agregado es un factor de mucha importancia en la resistencia del concreto, la adherencia se debe en parte a que la pasta y el agregado se entrelazan debido a la textura superficial; por lo que el uso de agregados triturados con una superficie áspera producirá una mejor unión de la partícula a la matriz. Por lo que es necesario que la textura superficial permita la penetración de la pasta en el agregado produciendo concretos de mayor resistencia.

## **2.2 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS**

Los agregados para concreto deben estar formados de partículas duras y compactas (peso específico elevado) de textura y forma adecuada con una buena distribución de tamaños (buena granulometría). Los agregados suelen estar contaminados con limo, arcilla, humus y otras materias orgánicas. Algunos tienen porcentajes altos de material liviano o de partículas de forma alargada o plana, tales sustancias o partículas defectuosas restan calidad y resistencia al concreto y las especificaciones fijan los límites permisibles de tolerancia y se acepta como norma de calidad la especificación ASTM C-33.



### 2.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA NORMA ASTM C-33

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

#### I. Agregado fino

Los agregados finos consistirán en arena natural, arena manufacturada o combinación de ambas.

##### 1) *Graduación*

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

**Tabla II. Límites de granulometría para el agregado fino**

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
3/8 (9.5mm)	100
N° 4 (4.75mm)	95 a 100
N° 8 (2.36mm)	80 a 100
N° 16 (1.18mm)	50 a 85
N° 30 (600µm)	25 a 60
N° 100 (150µm)	10 a 30
N° 30 (600µm)	2 a 10

*Fuente: Normas de la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales,*

*Vol.04.02 pág. 11*



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

**Tabla III. Clasificación de la arena por su módulo de finura**

<b>Tipo de arena</b>	<b>Módulo de finura</b>
Gruesa	2.9 - 3.2 gramos
Media	2.2 - 2.9 gramos
Fina	1.5 - 2.2 gramos
Muy fina	1.5 gramos

*Fuente: Normas de la Asociación Americana para el Ensayo de Materiales, Vol.04.02 pág. 11.*

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.

## **2) Sustancias perjudiciales**

La cantidad de sustancias deletéreas en el agregado fino no excederá los límites presentados en la tabla IV.



**Tabla IV. Límites de sustancias deletreas en agregado**

SUSTANCIA	PORCENTAJE MAXIMO EN PESO DEL TOTAL DE LA MUESTRA
-Arcilla y partículas disgregables	3.0
-Material más fino que el tamiz 200 (75 $\mu\text{m}$ )	3.0 <sup>A</sup>
Concreto sujeto a abrasión	5.0 <sup>A</sup>
Cualquier otro concreto	
-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.04.02 pág. 11*

En el caso de arena manufacturada (<sup>A</sup>), 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.

### **3) Impurezas orgánicas**

El agregado fino deberá estar libre de impurezas orgánicas. A excepción de los límites presentados en la tabla III, los agregados sujetos a la prueba de impurezas orgánicas y que produzcan un color más oscuro que el habitual deberán ser rechazados, a no ser que cumplan alguna de las condiciones siguientes:





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

## ***II. Agregado grueso***

El agregado grueso consistirá en grava, grava triturada, roca triturada, escoria de hornos de explosión, concreto de cemento hidráulico triturado o una combinación de lo anterior, de acuerdo con los requerimientos que establece esta norma (C-33).

### ***1) Graduación***

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

### ***2) Sustancias perjudiciales***

Los agregados gruesos para fabricación de concreto deben estar libres de cantidades excesivas de sustancias como arcilla, carbón y lignito, cenizas y material fino. Los límites



permisibles se encuentran establecidos en la norma, y están en función del uso que se le dará al concreto.

El agregado grueso para uso en concreto que estará expuesto con frecuencia al agua, debe estar libre de material que reaccione peligrosamente con los álcalis del cemento.

Si tales materiales se presentan en cantidades peligrosas, el agregado grueso será rechazado o será empleado con cemento que contenga menos de 0.6 por ciento de álcalis calculados en base de óxido de sodio, o con la adición de material que demuestre controlar las expansiones debidas a la reacción de álcali-agregado.

## **2.2.2 ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD, PESO ESPECÍFICO Y PESO UNITARIO**

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

Un cambio de contenido de humedad del 1%, si no se compensa puede cambiar el asentamiento del concreto en 1.5 pulgadas y la resistencia en 300 lbs./pulg.<sup>2</sup>, 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 siguientes:

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

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

### **Peso unitario**

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

Al determinar el peso unitario se observa que 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.

### **2.2.3 SANIDAD DE LOS AGREGADOS**

El concreto es durable en la mayoría de los ambientes naturales, sin embargo, durante su servicio, en ocasiones el concreto queda expuesto a sustancias que lo atacan. La prueba intemperismo acelerado, se usa para determinar la desintegración producida por soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.



Bajo esta prueba el agregado de granulometría conocida se somete a inmersión en una solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio y secado al horno.

Durante la prueba en los poros del agregado se forman cristales de sal que tienden a romper las partículas de manera similar a la acción del hielo.

La reducción del tamaño de las partículas del agregado demostrada por el análisis granulométrico después de cinco ciclos de exposición debe cumplir que las perdidas no excedan al 12% para el agregado grueso sometido a sulfato de sodio y el 18% para el sulfato de magnesio. Para el agregado fino las pérdidas ocurridas después de cinco ciclos del ensaye de sanidad no deberán exceder al 10% para sulfato de sodio y el 15% cuando se use sulfato de magnesio.

La información obtenida permite juzgar la sanidad de los agregados, especialmente si se tiene información respecto a las condiciones de intemperismo en una obra de ingeniería civil.

### **Descripción general de la norma ASTM C-88**

Este método cubre las pruebas de agregados para estimar su sanidad cuando están sujetos a la acción de intemperismo por ejemplo en concreto u otras aplicaciones. Esto se realiza por inmersión repetida en solución de sulfato de sodio o de magnesio seguida por secado al horno hasta que se deshidrate parcial o totalmente la sal precipitada en los espacios de los poros permeables. La fuerza expansiva interna, derivada de la rehidratación de la sal durante la reinmersión, simula la expansión del agua durante el congelamiento. Este



método de prueba proporciona información útil en la evaluación de la sanidad de los agregados cuando no hay información adecuada disponible en los registros de servicios del material expuesto a las condiciones de intemperismo actual.

## **2.3 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS**

### **2.3.1 RESISTENCIA DE LAS PARTÍCULAS DEL AGREGADO**

#### **Tenacidad**

La tenacidad o resistencia de falla por impacto de un agregado tiene relación directa con la roca de origen y con el manejo de los agregados, ya que si éstos son débiles ante las cargas de impacto, se puede alterar su granulometría, aparte de indicar una baja calidad para ser utilizados en el concreto.

En relación a los agregados, la resistencia a ser rayados y la resistencia al desgaste (abrasión) son las propiedades mecánicas que interesa determinar. En el primer caso en relación al equipo de explotación de agregados y en el segundo caso para los efectos de resistencia en el concreto, sobre todo cuando el agregado se use en pavimentos o aceras.

Para determinar la resistencia al desgaste de los agregados se emplea el ensayo en la máquina Los Ángeles, de acuerdo con la norma ASTM C-131.



### **Descripción general de la norma ASTM C-131**

Este método cubre el procedimiento para ensayos de agregado grueso menores de 1½ pulgadas (37.5 mm), para determinar su resistencia al desgaste en la máquina de Los Ángeles. Consiste básicamente en colocar el agregado dentro de un cilindro rotatorio con una carga de bolas de acero por un periodo de tiempo especificado, después de lo cual se determina el porcentaje de desgaste sufrido. El agregado grueso ensayado a desgaste no deberá mostrar una pérdida mayor del 50 por ciento en peso, si fuera el caso, podrá usarse siempre y cuando produzca resistencias satisfactorias en el concreto de proporciones seleccionadas.

## **2.4 MARCO NORMATIVO**

Los ensayos realizados en el presente trabajo de investigación se rigen por lo establecido en cada una de las normas de la ASTM seleccionadas.

En este apartado se presenta un resumen de cada una de las normas originales traducidas a nuestro idioma, en las cuales se explica desde el propósito del ensayo, el método de muestreo utilizado, entre otros aspectos hasta los cálculos a realizar para obtener un valor cuantitativo que sea representativo a dicha norma.



## 2.4.1 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA MUESTREO DE AGREGADOS.

### ASTM Designación D 75

#### 1. Alcance

Este método de ensayo presenta técnicas del muestreo de agregados gruesos y finos para los siguientes propósitos:

- ✓ Investigación preliminar en la fuente potencial de abastecimiento
- ✓ Control del producto en la fuente de abastecimiento
- ✓ Control de las operaciones en la obra para el uso
- ✓ Aceptación o rechazo de los materiales.

#### 2. Importancia y aplicación

El muestreo es tan importante como el ensayo, y el técnico que los realiza debe tomar todas las precauciones necesarias para obtener muestras que reflejan la naturaleza y condiciones de los materiales que representan.

Las muestras para una investigación preliminar deben ser obtenidas por la parte responsable de la potencial fuente de abastecimiento en desarrollo. Las muestras de los materiales para el control de la producción de la fuente de abastecimiento o del control de trabajo de la obra deben ser obtenidas por el fabricante, contratista u otra parte responsable de la construcción de la obra. Las muestras para los ensayos con que determinará la





aceptación o el rechazo de los materiales ofrecidos, son responsabilidad del comprador o representante autorizado.

### ***3. Resumen del procedimiento***

El procedimiento varía según de donde se obtenga la muestra, ya sea de un brazo móvil, de una correa transportadora, de pilas de acopio o unidades de transporte o de estabilizadores de camino. La muestra se selecciona mediante un método de recolección al azar, obteniendo tres porciones de aproximación del mismo tamaño.

### ***4. Número y masa de la muestra de campo***

El número de las muestras de campo requeridas (obtenida por uno de los métodos) dependen de la importancia y de las variaciones en las propiedades a medirse. Designar cada unidad de la cual se va a obtener una muestra de campo antes del muestreo. El número de muestras de campo de la producción debe ser suficiente para dar la confianza deseada en los resultados del ensayo.

Las masas de las muestras de campo pueden estar basadas en el tipo y número de ensayos a los que el material será sometido y en la obtención de suficiente material para la adecuada ejecución de estas pruebas. Los estándares de aceptación y pruebas de control están cubiertos por los estándares ASTM, donde se especifica la porción de la muestra de campo requerida para cada ensayo específico. En términos generales, las cantidades especificadas en la tabla siguiente, proporciona material suficiente para graduaciones rutinarias y análisis de calidad.



**Tabla V Graduación de Agregados**

Tamaño máximo nominal del agregado <sup>A</sup>		Masa mínima aproximada de muestra de campo <sup>B</sup>	
		(kg)	(lb)
Agregado fino			
2.36 mm	No. 8	10	22
4.75 mm	No. 4	10	22
Agregado grueso			
9.5 mm	3/8"	10	22
12.5 mm	1/2"	15	33
19.0 mm	3/4"	25	55
25.0 mm	1"	50	110
37.5 mm	1 1/2"	75	165
50.0 mm	2"	100	220
63.0 mm	2 1/2"	125	275
75.0 mm	3"	150	330
90.0 mm	3 1/2"	175	385

<sup>A</sup>Para agregados procesados, utilice el tamaño máximo nominal según sea indicado por la descripción o la especificación adecuada. Si la especificación o la descripción no indican el tamaño máximo nominal (por ejemplo un tamaño de tamiz pasando de 90-100 %), use el tamaño máximo nominal que indique un tamaño de tamiz pasando el 100 %).

<sup>B</sup> Para combinaciones de agregado grueso y fino (por ejemplo agregado de base o sub-base), la masa mínimo deberá ser la masa mínima para el agregado grueso más 10 kg (22 lb).



## **2.4.2 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA REDUCCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGREGADO A TAMAÑO DE PRUEBA**

### **ASTM Designación C 702**

#### ***1. Alcance.***

Esta práctica describe tres métodos para la reducción de muestras de agregado al tamaño apropiado para la prueba.

#### ***2. Significado y Uso.***

Esta práctica proporciona procedimientos para reducir la muestra total obtenida en el campo o producidas en el laboratorio al tamaño conveniente para realizar un número de ensayos para describir el material y medir su calidad de tal manera que la porción de la muestra más pequeña sea representativa de la muestra total suministrada.

#### ***3. Muestreo.***

La muestra de agregado obtenido en el campo será tomada de acuerdo con la Práctica D 75, o como sea requerido por métodos de ensayo individual. Cuando solamente son contemplados los ensayos para análisis mecánico, el tamaño de la muestra de campo listada en la Practica D 75 usualmente es adecuado.



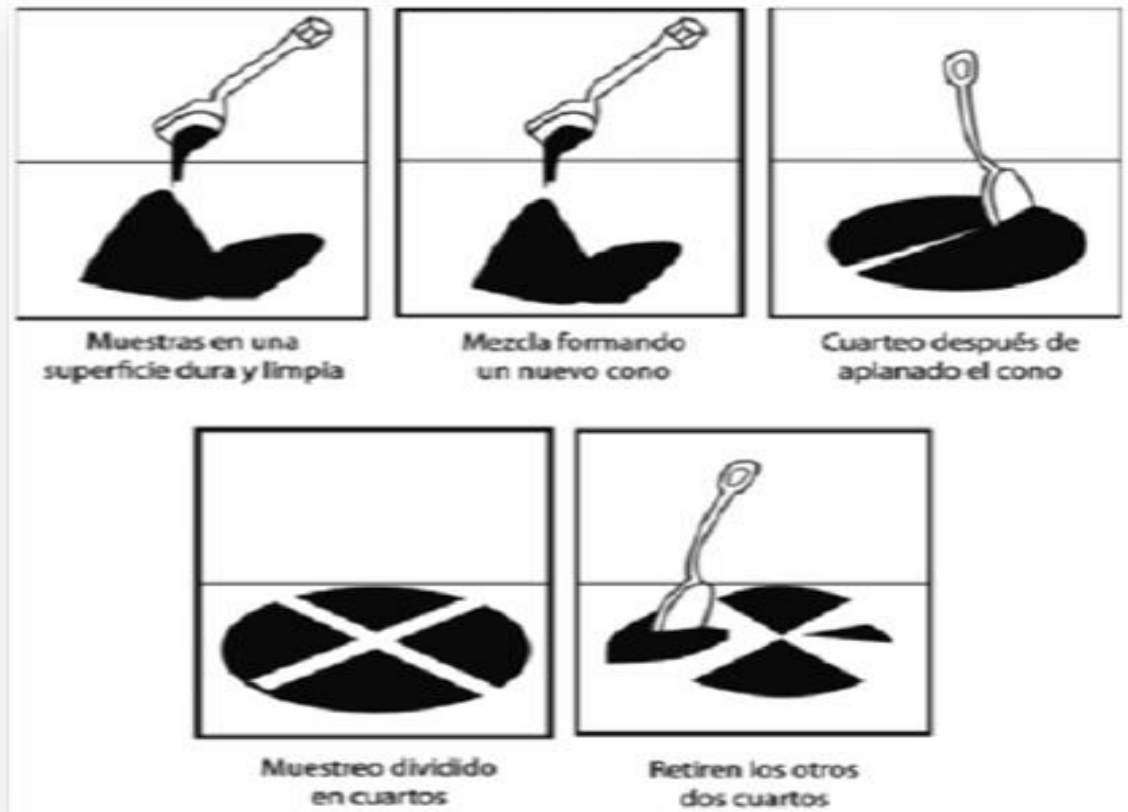
## **CUARTEO MANUAL**

### ***4. Aparatos.***

El equipo consistirán de una regla, un cucharón fondo plano y borde recto, pala o cuchara de albañil, una escoba o brocha, y una lona de aproximadamente 2 x 2.5 m (6 x 8 pies).

### ***5. Procedimiento***

-Coloque la muestra original sobre una superficie dura, limpia y nivelada en donde no se produzca pérdida de material ni adición accidental de material extraño. Mezcle el material completamente, traspaleando la muestra entera a las menos tres veces. En el último traspaleo forme con la muestra una pila cónica, depositando cada palada en la parte superior de la pila. Cuidadosamente aplane la pila cónica, presionando con una pala la parte superior del cono hasta obtener un espesor y diámetro uniforme, de tal forma que cada cuarto de la pila contenga el material que originalmente se encontraba en él. El diámetro deberá ser aproximadamente de cuatro a ocho veces el espesor. Divida con una pala o cuchara, la masa aplanada, en cuatro partes iguales y remueva los cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino, cepillando los espacios vacíos para limpiarlos. Mezcle y cuartee sucesivamente el material restante hasta reducir la muestra al tamaño requerido.



**Ilustración 4. Cuarteo Manual**



### **2.4.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.**

#### **ASTM Designación C 127**

##### ***1. Alcance***

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso (no incluyendo el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción del agregado grueso. Dependiendo del procedimiento usado, la densidad ( $\text{Kg./m}^3$ ,  $\text{lb/pie}^3$ ) es expresado como secado al horno (SH), saturado superficialmente seco (SSS), o como densidad aparente. De igual forma, la densidad relativa (gravedad específica) una cantidad sin dimensiones, es expresada como SH, SSS, o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y densidad relativa son determinadas después de secar el agregado. La densidad SSS, densidad relativa SSS, y absorción son determinadas después de saturar el agregado en agua para una duración prescrita.

##### ***2. Resumen del Método de Ensayo***

Una muestra de agregado es inmersa en agua por  $24 \pm 4$  h para esencialmente llenar los poros. Entonces es removida del agua, y secada el agua de la superficie de las partículas y la masa es determinada. Subsecuentemente, el volumen de la muestra es determinado por el método de desplazamiento de agua. Finalmente, la muestra es secada al horno y determinada la masa. Usando entonces los valores de masa obtenidos y las formulas en



este método de ensayo, es posible calcular la densidad, densidad relativa (gravedad específica), y absorción.

### **3. *Significado y Uso***

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para cálculo del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas conteniendo agregados, incluyendo concreto de cemento portland.

Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de poro con las partículas constituyentes, comparado con la condición seca, cuando es considerado que el agregado ha estado en contacto con agua por un periodo suficiente para poder satisfacer la absorción potencial.

### **4. *Aparatos***

- ✓ *Balanza*
- ✓ *Contenedor de Muestra.*
- ✓ *Tanque de agua*
- ✓ *Mallas*

### **5. *Muestreo***

Muestree el agregado de acuerdo con la Práctica D 75. Mezcle completamente la muestra de agregado y redúzcalo a la cantidad aproximada necesaria usando los procedimientos aplicables de la Práctica C 702. Rechace todo el material que pasa la malla de 4.75 mm (No. 4) por tamizado en seco y lavando completamente para remover el polvo y otros recubrimientos de la



superficie. Alternativamente, separe el material más fino que la malla de 4.75 mm y ensaye el material fino de acuerdo con el Método de Ensayo C 128

La masa mínima de la muestra de ensayo a ser usada está dada en la siguiente tabla. Es permitido ensayar el agregado grueso en algunas fracciones de tamaño. Si la muestra contiene más del 15 % retenido en la malla de 37.5 mm (1 ½ pulg), ensaye el material más grande que 37.5 mm en una o más fracciones de tamaño separadamente del menor tamaño de fracción.

**Tabla VI. Requisito de Masa Mínima de la Muestra**

<b>Tamaño Máximo Nominal, mm (pulg.)</b>	<b>Masa Mínima de la Muestra de Prueba, Kg (lb)</b>
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)





## 6. Procedimiento

-Seque la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ , enfriar al aire a temperatura del cuarto por 1 a 3 horas para muestras de ensayo de 37.5 mm (1 ½ pulg.) de tamaño máximo nominal, o más tiempo para tamaños mayores hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea manejable (aproximadamente  $50^{\circ} \text{C}$ ). Posteriormente sumerja el agregado en agua a la temperatura del cuarto por un periodo de  $24 \pm 4 \text{ h}$ .

-Remueva la muestra de ensayo del agua y enróllela en un paño o franela absorbente hasta que toda la película visible de agua sea removida. Seque las partículas grandes individualmente. Una corriente de aire es permitida para ayudar en la operación de secado. Tenga cuidado para evitar la evaporación de agua de los poros del agregado durante la operación de secado superficial. Determine la masa de la muestra de ensayo en la condición saturado superficialmente seco. Registre esta y las subsecuentes masas.

-Después de determinar la masa al aire, inmediatamente coloque la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el contenedor de muestra y determine su masa aparente en agua a  $23 \pm 2.0^{\circ} \text{C}$ . Tenga cuidado de eliminar todo el aire atrapado antes de pesar, agitando el recipiente mientras es sumergido.

-Seque la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ , enfriar al aire a la temperatura del cuarto durante 1 a 3 h, o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que es confortable de manejar (aproximadamente  $50^{\circ} \text{C}$ ), y determine la masa.



## 7. Cálculos

Símbolos:

A = masa al aire de la muestra seca al horno, g

B = masa al aire de la muestra saturada superficialmente seca, g

C = masa aparente de la muestra saturada en agua, g

- ✖ Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SH):

$$(SH) = A / (B - C)$$

- ✖ Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS):

$$(SSS) = B / (B - C)$$

- ✖ Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente):

$$(Gravedad\ específica\ aparente) = A / (A - C)$$

- ✖ Absorción

$$Absorción, \% = \frac{B - A}{A} \times 100$$



#### **2.4.4 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO**

**ASTM Designación: C 128**

##### ***1. Alcance***

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado fino (sin incluir el volumen de vacíos entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregado fino.

Este método de prueba es usado para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregado y provee un valor promedio representando la muestra.

##### ***2. Significado y uso***

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para cálculos del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas, incluyendo concreto de cemento portland, concreto bituminoso, y otras muestras que son proporcionadas o analizadas en una base de volumen absoluto.

##### ***3. Aparatos***

- ✓ Balanza
- ✓ Picnómetro (para uso con el procedimiento gravimétrico)



- ✓ Matraz (para uso con el método volumétrico)
- ✓ Molde y Apisonador para Prueba de Humedad Superficial

#### ***4. Muestreo***

Se muestrea el agregado de acuerdo a la práctica D75. Mezcla a fondo la muestra y redúcela para obtener un espécimen de prueba de aproximadamente 1kg usando el procedimiento aplicable descrito en la práctica C702.

#### ***5. Preparación del Espécimen de Prueba.***

-Seca la muestra de prueba a masa constante a la temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Permítela enfriar a una temperatura para manipular confortablemente, cúbreala con agua, por inmersión o adición de al menos 6% de humedad al agregado fino, y permítelo reposar por  $24\pm 4\text{h}$ .

-Decanta el exceso de agua con cuidado de evitar la pérdida de fino, extiende la muestra en una superficie plana no absorbente expuesta a un suave movimiento de corriente de aire caliente, y revuelve frecuentemente para asegurar el secado homogéneo.

-Prueba para Humedad Superficial – Sostén el molde firmemente en una superficie no absorbente con el diámetro mayor hacia abajo. Coloca una porción del agregado fino suelto parcialmente secado en el molde llenándolo hasta desbordar y amontonar material adicional en lo alto del molde sosteniéndolo con la copa de los dedos de la mano sosteniendo el molde. Ligeramente apisona el agregado dentro del molde con 25 caídas



ligeras del apisonador. Inicia cada caída aproximadamente 5mm sobre la superficie superior del agregado fino. Remueve la arena suelta desde la base y levanta el molde verticalmente. Si la humedad superficial todavía está presente, el agregado fino retendrá la forma del molde. Un ligero revenimiento del agregado fino moldeado indica que ha alcanzado una condición superficialmente seca.

### **6. Procedimiento.**

#### ✓ Procedimiento Gravimétrico (Picnómetro):

-Llena parcialmente el picnómetro con agua. Introduce dentro del picnómetro  $500 \pm 10$ g de agregado fino superficialmente seco, y llena con agua adicional a aproximadamente 90% de la capacidad. Agita el picnómetro manualmente o mecánicamente.

-Manualmente rota, invierte y agita el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire.

-Después de eliminar todas las burbujas de aire, ajusta la temperatura del picnómetro y su contenido a  $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$  si es necesario por inmersión parcial en agua circulando, y lleva el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad calibrada. Determina la masa total del picnómetro, espécimen y agua.

-Remueve el agregado fino del picnómetro, seca a una masa constante a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , enfría en aire a la temperatura de  $1 \pm 1/2$ h, y determina la masa.

-Determina la masa del picnómetro lleno a su capacidad calibrada con agua a  $23.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ .

#### ✓ Procedimiento Volumétrico (Matraz de le Chatelier):



-Llena el matraz inicialmente con agua a un punto en el cuello entre la marca de 0 y 1mL. Registra esta lectura inicial con matraz y contenido dentro del rango de temperatura de  $23.0 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$ . Añade  $55 \pm 5\text{g}$  de agregado fino en la condición saturada superficialmente seca (u otra cantidad medida como sea necesario). Después que todo el agregado fino ha sido introducido, coloca el tapón en el matraz y gira el matraz en una posición inclinada, o suavemente arremolínalo en un círculo horizontal a fin de desalojar todo el aire atrapado, continúa hasta que no suban más burbujas a la superficie. Toma una lectura final con el matraz y contenido dentro de  $1^{\circ}\text{C}$  de la temperatura original.

-Para la determinación de la absorción, utilicen una proporción separada de  $500 \pm 10\text{g}$  de agregado fino saturado superficialmente seco, seca hasta una masa constante, y determinar la masa seca.

### **7. Cálculos**

Símbolos

A = masa del espécimen seco al horno, g

B = masa del picnómetro lleno con agua a la marca de calibración, g

C = masa del picnómetro llenado con el espécimen y agua a la marca de calibración.

R1 = lectura inicial del nivel de agua en el matraz de Le Chatelier, ml.

R2 = lectura final de agua en el matraz de Le Chatelier, ml.



S = masa del espécimen saturada superficialmente seca (usada en el procedimiento gravimétrico para densidad y densidad relativa (gravedad específica), o para absorción con ambos procedimientos), g.

S1 = masa del espécimen saturado superficialmente seco (usado en el procedimiento volumétrico), g.

✓ Densidad Relativa (gravedad específica) (OD)

○ Procedimiento Gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica)(OD)} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

○ Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (OD)} = \frac{[S_1(A/ S)]}{[0.9975(R2 - R1)]}$$

✓ La Densidad Relativa (gravedad específica) (SSS)

-Saturado Superficialmente seco

○ Procedimiento Gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica)(SSS)} = \frac{S}{(B + S - C)}$$



- Procedimiento volumétrico:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{[S_1]}{[0.9975(R2 - R1)]}$$

- ✓ Densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente)

- Calcular la densidad relativa aparente (Gravedad específica aparente) como sigue:

- Procedimiento Gravimétrico:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

- Procedimiento volumétrico:

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)

$$G_{SA} = \frac{[S_1(A/S)]}{[0.9975(R2 - R1)] - [(S_1/S)(S_1 - A)]}$$

- ✓ Absorción

- Calcular el porcentaje de la absorción como sigue:

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$





## **2.4.5 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD BRUTA (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS.**

**ASTM Designación: C 29 / C 29M**

### ***1. Alcance***

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad bulk (“peso unitario”) del agregado en una condición compactada o suelta, y calcula los vacíos entre las partículas en el agregado fino, grueso o una mezcla de ellos, basado en la misma determinación.

### ***2. Significado y Uso***

Este método de ensayo es frecuentemente usado para determinar los valores de la densidad bulk que son necesarios para uso en muchos métodos de seleccionar proporcionamiento para mezclas de concreto.

-La densidad bulk también puede ser usada para determinar la relación masa/volumen para conversiones en la adquisición de conformidades

-Se incluye un procedimiento para calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas de agregado basado en la densidad bruta determinada por este método de ensayo.

### ***3. Aparatos***

✓ *Balanza*

✓ *Varilla Compactadora*



✓ *Recipiente Volumétrico*

✓ *Pala o cucharón.*

#### **4. Muestreo**

Obtener la muestra de acuerdo con la práctica D 75, y reducir a tamaño de ensayo de acuerdo con la Práctica C 702.

#### **5. Muestra de Ensayo**

El tamaño de la muestra deberá ser aproximadamente 125 a 200 % de la cantidad requerida para llenar el depósito medidor, y deberá ser manejado de tal manera que se evite la segregación. Seque la muestra de agregado a esencialmente masa constante, preferiblemente en un horno a  $230 \pm 9^\circ \text{F}$  ( $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ).

#### **6. Procedimiento (Varillado).**

Llene el depósito hasta un tercio de su altura y nivele la superficie con los dedos. Varille la capa de agregados con 25 golpes de la varilla, igualmente distribuidos sobre la superficie. Llene el recipiente a dos tercios y vuelva a nivelar y varillar como se hizo antes. Finalmente, llene el recipiente hasta rebalsarlo y varille de nuevo en la forma previamente mencionada. Nivele la superficie del agregado con los dedos o regla enrasadora en tal forma que ninguna pieza del agregado grueso sobresalga, balancee los huecos en la superficie por debajo del borde del recipiente.

Determine la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente solo, y registre los valores con una precisión de 0.1 lb (0.05Kg.).



### 7. *Procedimiento por Paleo*

-Llene el recipiente hasta rebasarla por medio de una pala o cuchara, descargando los agregados desde una altura que no exceda 2 pulg. (50 mm) por encima del borde del recipiente. Tenga cuidado para prevenir, tanto como sea posible, la segregación de las partículas de las cuales se compone la muestra. Nivele la superficie del agregado con los dedos o con un enrasador, de tal manera que ninguna pieza del agregado grueso se proyecte, balancee los huecos en la superficie por debajo del borde del recipiente.

-Determine la masa del recipiente más su contenido y la masa del recipiente solo y registre los valores con una precisión de 0.1 lb (0.05 Kg).

### 8. *Cálculos*

✓ *Densidad bruta:*

$$M = (G - T) / V$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)



*La densidad bruta determinada por este método de ensayo es para agregados en condición de secado al horno.*

✓ *Contenido de Vacíos*

Calcule el contenido de vacíos en los agregados usando la densidad bruta determinada por cualquiera de los procedimientos de varillado, acomodamiento o paleo, como sigue:

$$\% \text{ de Vacíos} = 100 \left| (S \times W) - M \right| / (S \times W)$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)



## **2.4.6 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.**

### **ASTM Designación: C 136**

#### **1. Alcance**

Este método de la prueba cubre la determinación de la distribución dimensional de partícula de agregados finos y gruesos por tamizado.

#### **2. Resumen del método de la prueba**

Una muestra de agregado seco de masa conocida se separa a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas para la determinación de la distribución de tamaño de partículas.

#### **3. Significación y uso**

Este método de la prueba se utiliza sobre todo para determinar la clasificación de los materiales propuestos para el uso como los agregados o que son utilizados como agregados.

#### **4. Aparato**

- ✓ Balanzas
- ✓ Tamices
- ✓ Tamizadora Mecánica
- ✓ Horno



### 5. Muestreo

-Muestra el agregado de acuerdo con la práctica D 75. El tamaño de la muestra del campo será la cantidad mostrada en práctica D75 o cuatro veces la cantidad requerida, que sea mayor.

-Mezclar a fondo la muestra y redúzcanla a una cantidad conveniente para la muestra de la práctica C 702. La muestra para la prueba será aproximadamente la cantidad deseada cuando es seca y será el resultado final de la reducción.

-Agregado fino - El tamaño de la muestra de la prueba, después el secado, será de 500g mínimos.

-Agregado grueso - El tamaño de la muestra de la prueba del agregado grueso conformará con la siguiente tabla:

**Tabla VII. Tamaño Máximo Nominal de Agregado**

<b>Tamaño máximo nominal, Aberturas cuadradas, mm (in)</b>	<b>Prueba de muestra en tamaños, mínimos, kg (lb)</b>
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	15 (33)



50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

## 6. Procedimiento

-Sequen la muestra a masa constante en una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ).

-Seleccionen los tamices con aberturas convenientes para suministrar la información requerida por las especificaciones que cubrían el material para la prueba.

-Limiten la cantidad de material en un tamiz dado de modo que todas las partículas tienen oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz en un número de tiempo durante la operación de tamizado.

-Continúe el tamizado por un suficiente período.

-Determinen la masa de cada incremento del tamaño en una escala o de la balanza al 0.1% más cercano de la masa seca original total de la muestra.



## 7. *Cálculo*

-Calculen los porcentajes que pasan, porcentajes totales retenidos, o los porcentajes en diverso tamaño de fracciones al más cercano de 0.1% en base de la masa total de la muestra seca inicial.

-Calcular el módulo de la finura, añadiendo cerca los porcentajes total es del material en la muestra que es más gruesa que cada uno de los tamices siguientes (porcentajes acumulativos retenidos), y la división de la suma por 100: 150  $\mu\text{m}$  (No. 100), 300  $\mu\text{m}$  (No. 50), 600  $\mu\text{m}$  (No. 30), 1,18 mm (No. 16), 2.36 mm (No. 8), 4.75 mm (No. 4), 9.5 mm (3/8in.), 19.0 mm (3/4- in.), 37.5 mm (1½-in.), y más grandes, aumentando el coeficiente de 2 a 1.





## **2.4.7 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA SANIDAD DE LOS AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO**

**ASTM Designación: C 88**

### ***1. Alcance***

Este método de ensayo cubre la prueba de los agregados para estimar su sanidad cuando son sometidos a la acción del clima en el concreto o en otras aplicaciones. Esto se logra por inmersiones repetidas en soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, seguido por secado en horno para deshidratar parcial o totalmente la sal depositada en los poros permeables.

### ***2. Significado y Uso***

Este método de ensayo provee un procedimiento para hacer un estimado preliminar de la sanidad de los agregados para el uso en el concreto u otros propósitos.

### ***3. Aparatos***

- ✓ Mallas – Con aberturas cuadradas siguiendo los tamaños siguientes:



Fino	Grueso
150 $\mu\text{m}$ (No. 100)	8.0 mm (5/16 in.)
9.5 mm (3/8 in.)	
300 $\mu\text{m}$ (No. 50)	12.5 mm (1/2 in.)
16.0 mm (5/8 in.)	
600 $\mu\text{m}$ (No. 30)	19.0 mm (3/4 in.)
25.0 mm (1 in.)	
1.18 mm (No. 16)	31.5 mm (1 1/4 in.)
2.36 mm (No. 8)	37.5 mm (1 1/2 in.)
50 mm (2 in.)	
4.0 mm (No. 5)	63 mm (2 1/2 in.)
tamaños más grandes por	
4.75 mm (No. 4)	12.5 mm (1/2 in.)
Separar.	

- ✓ Contenedores.
- ✓ Regulación de Temperatura – Un medio adecuado debe ser provisto para regular la temperatura de las muestras durante la inmersión en la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.
- ✓ Balanzas



- ✓ Horno de Secado – El horno debe ser capaz de ser calentado continuamente a  $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$  ( $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ )
- ✓ Medidores de Gravedad Específica (Hidrómetros).

#### ***4. Soluciones Requeridas Especiales***

Prepare la solución para sumergir las muestras de ensayo en sulfato de sodio o magnesio. El volumen de la solución debe ser al menos cinco veces el volumen sólido de todas las muestras inmersas en cualquier momento.

-Solución de Sulfato de Sodio – Prepárese una solución saturada de sulfato de sodio a una temperatura de  $77$  a  $86^{\circ}\text{F}$  ( $25$  a  $30^{\circ}\text{C}$ ). Agregar suficiente sal, de Sulfato de Sodio Anhídrido ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), o en forma de cristales ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), para asegurar no solo saturación, sino también la presencia de exceso de cristales, cuando la solución está lista para el uso en el ensayo. Agitar vigorosamente la mezcla durante la adición de la sal y agitar a intervalos frecuentes hasta ser usada. Para reducir la evaporación y prevenir la contaminación, mantenga todo el tiempo la solución cubierta cuando no se utilice. Dejar la solución enfriar a  $70 \pm 2^{\circ}\text{F}$  ( $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ). De nuevo agitar, y dejar la solución reposar a la temperatura designada por al menos 48 h antes de ser utilizada. Antes de cada uso, diluir los trozos de sal, si hay alguno en el contenedor, agitar vigorosamente la solución y determínese la gravedad específica. Cuando se utilice, la solución tendrá una gravedad específica no menor que 1.151 y no más que 1.174. Deseche la solución si esta descolorida o fíltrela y chequee su gravedad específica.



## 5. Muestreo

La muestra debe ser obtenida en general de acuerdo con la práctica D 75 y reducida tamaño de prueba de acuerdo a C 702.

**Agregado Fino** – El agregado fino para el ensayo debe pasar a través de la malla 9.5 mm (3/8”). La muestra debe ser de tamaño tal que rinda no menos de 100 g para cada una de las siguientes mallas, las cuales deben estar en cantidades de 5% o más, expresado en términos de las siguientes mallas descrito en la tabla:

**Tabla VIII. Tamaño de los tamices para Agregado**

<b>Pasa la Malla</b>	<b>Retenido en la Malla</b>
600 $\mu$ m (No. 30)	300 $\mu$ m (No. 50)
1.18 mm (No. 16)	600 $\mu$ m (No. 30)
2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)
9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (No. 4)

**Agregado Grueso.** El agregado grueso para el ensayo debe consistir de material retenido sobre la malla No. 4. La muestra debe ser de tamaño tal que rinda las siguientes cantidades de los tamaños indicados que estén en cantidades de 5% o más:



**Tabla IX. Tamaño de Tamices para Agregado Grueso**

<b>Tamaño ( Mallas con aberturas cuadradas)</b>	<b>Masa, g</b>
9.5 mm (3/8 pulg) a 4.75 mm (No. 4)	300 ± 5
19.0mm (3/4 pulg) a 9.5 mm (3/8 pulg)	1000 ± 10
Material consistente de:	
12.5 mm (1/2 pulg) a 9.5 mm (3/8 pulg)	
19.0 mm (3/4 pulg) a 12.5 mm (1/2 pulg)	330 ± 5
	670 ± 10
37.5mm (1 1/2 pulg) a 19.0 mm (3/4 pulg)	1500 ± 50
Material consistente de:	
25.0 mm (1 pulg) a 19.0 mm (3/4 pulg)	500 ± 30
19.0 mm (1 1/2 pulg) a 12.5 mm (1 pulg)	1000 ± 10
63mm (2 1/2 pulg) a 37.5 mm (1 1/2 pulg)	5000 ± 300
Material consistente de:	
50 mm (2 pulg) a 37.5mm (1 1/2 pulg)	2000 ± 200
63mm (2 1/2 pulg) a 50mm (2 pulg)	3000 ± 300
Tamaños más grandes por 25 mm (1 pulg)	7000 ± 1000
Separados en tamaños de malla, cada fracción	

### **6. Preparación de la Muestra de Ensayo**

Agregado Fino – Lavar vigorosamente la muestra de agregado fino sobre la malla No.50, secar a peso constante a  $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$  ( $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), y separar en los diferentes tamaños por tamizado, como sigue: haga una separación aproximada de la muestra graduada por medio



de un juego de mallas estándar especificados de las fracciones obtenidas, seleccionar las muestras de suficiente tamaño para rendir 100g después de tamizado de descarte. (En general, una muestra de 110 g será suficiente) No utilizar agregado fino atrapado en las mallas en la preparación de la muestra. Pese las muestras consistentes de  $100 \pm 0.1$  g para cada una de las fracciones separadas después del tamizado final y colocarlas en contenedores separados para el ensayo.

Agregado Grueso – Lavar vigorosamente y secar la muestra de agregado grueso a peso constante  $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$  ( $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ) y separar en los diferentes tamaños por tamizado para descarte. Pesar las cantidades de los diferentes tamaños dentro de las tolerancias y cuando la porción consiste de dos tamaños, combinarlas para el designado peso total. Registrar los pesos de las muestras y ensayo y sus componentes fraccionarias.

## **7. Procedimiento**

### Almacenamiento de muestras en la solución

Sumérjense las muestras en la solución preparada de sulfato de sodio por no menos de 16 horas y no más de 18 horas, de tal manera que la solución cubra las muestras como mínimo  $\frac{1}{2}$  pulgada. Cúbrase los depósitos para reducir la evaporación y prevenir la adición accidental de substancias extrañas. Manténgase la muestra sumergida en la solución a una temperatura de  $70 \pm 2^{\circ}\text{F}$  ( $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) por el período de inmersión.



### Secado de las muestras después de la inmersión

Después del período de inmersión, remover la muestra de agregado de la solución y permitir que drene por  $15 \pm 5$  min, posteriormente colocarla en el horno de secado. La temperatura del horno debe haber sido alcanzada previamente a  $230 \pm 9^\circ\text{F}$  ( $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ). Secar las muestras a la temperatura especificada hasta alcanzar peso constante. El peso constante podrá ser considerado que ha sido alcanzado cuando la pérdida de peso sea menor que 0.1% del peso de la muestra en 4 horas de secado. Después que el peso constante ha sido alcanzado, dejar las muestras enfriar a temperatura ambiente, hasta que sean de nuevo inmersas en la solución preparada.

### Número de Ciclos

Después de completar el ciclo final y la muestra se ha enfriado, lavar la muestra con agua para quitarle el sulfato de sodio o sulfato de magnesio, lo cual se determina por la reacción del cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) con el agua de lavado. Lavar con agua que circule a  $110 \pm 10^\circ\text{F}$  ( $43 \pm 6^\circ\text{C}$ ) a través de las muestras en sus recipientes. Esto puede ser hecho, colocándolas en un tanque en el cual el agua caliente puede ser introducida en el fondo. En la operación de lavado, las muestras no deben estar sujetas a impacto o abrasión que pueda tender a quebrar las partículas.

## **8. Examen Cuantitativo**

Después que la solución de sulfato de sodio ha sido removida, secar cada fracción de la muestra a peso constante a  $230 \pm 9^\circ\text{F}$  ( $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ). Tamizar el agregado fino sobre las



mismas mallas sobre las cuales fue retenido antes del ensayo, y tamice el agregado grueso sobre las mallas que se muestran abajo para el tamaño apropiado de la partícula. Para el agregado fino, el método y duración del tamizado será el mismo que fue usado en la preparación de las muestras. Para el agregado grueso, tamizar manualmente, con agitación suficiente para asegurar que todo el material de tamaño más pequeño pase la malla designada. No hay que emplear manipulación extra para quebrar las partículas o hacer que pasen las mallas. Pesar el material retenido en cada malla y registrar cada cantidad. La diferencia entre las cantidades y el peso inicial de la fracción de la muestra ensayada es la pérdida en el ensayo y es expresado como un porcentaje del peso inicial para uso en la tabla siguiente:

**Tabla X. Malla a utilizar para determinar la pérdida**

<b>Tamaño del agregado</b>	<b>Malla usada para determinar la pérdida</b>
2 ½ pulg a 1 ½ pulg	1 ¼ pulg
1 ½ a ¾ pulg	5/8 pulg
¾ a 3/8 pulg	5/16 pulg
3/8 pulg	No. 5





## **2.4.8 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO PEQUEÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.**

### **ASTM Designación C131**

#### ***1. Ámbito***

Este método de prueba cubre un procedimiento para probar tamaños de agregado grueso menores de 37.5mm (1½in) para resistencia a la degradación usando la máquina de prueba de Los Ángeles.

#### ***2. Significado y Uso.***

Este método de prueba ha sido ampliamente usado como un indicador de la calidad relativa o competencia de varias fuentes de agregados teniendo composiciones minerales similares. Los resultados no permiten automáticamente comparaciones validas a ser echas entre fuentes distintamente diferentes en origen, composición, o estructura. Asignar especificaciones límite con cuidado extremo en consideración de los tipos disponibles de agregados y su historial de desempeño en usos específicos.

#### ***3. Aparatos.***

- ✓ *Máquina de Los Ángeles –*



Una máquina de Los Ángeles, conformando en todas las características esenciales, tendrá que ser usada. La máquina tendrá que consistir de un cilindro de acero hueco, con un espesor de pares no menor de 12.4mm cerrado en ambos extremos, teniendo un diámetro interior de  $711\pm 5\text{mm}$  ( $20\pm 0.2\text{in}$ ). El cilindro tendrá que ser montado en un eje de talón adjunto a los extremos del cilindro pero no entrando en él, y tendrá que ser montado de tal manera que rote con el eje en una posición Horizontal dentro de una tolerancia en pendiente de 1 en 100. Una abertura en el cilindro tendrá que ser proporcionada para la introducción de la muestra de prueba. Una adaptable, cubierta contra polvo tendrá que ser proporcionada para las aberturas por medio de atornillar la placa en el lugar. La cubierta la cubierta tendrá que ser diseñada a fin de mantener el contorno cilíndrico de la superficie interior a menos que la plataforma este localizada de tal forma que la carga no caerá en la cubierta, o estará en contacto con ella durante la prueba. Una plataforma de acero removible extendiendo la longitud completa del cilindro y proyectando hacia adentro  $89\pm 2\text{mm}$  ( $3.5\pm 0.1\text{in}$ ) tendrá que ser montada en la superficie cilíndrica interior del cilindro, en tal forma que un plano centrado entre las caras mayores coincida con un plano axial. La plataforma tendrá que ser de tal espesor y así montada, por tornillos u otros medios adaptables, que sean firmes y rígidos. La posición de la plataforma tendrá que ser tal que la muestra y las esferas de acero no tendrán que impactar en o cerca a la abertura y su cubierta, y esa distancia desde la plataforma a la abertura, medida a lo largo de la circunferencia exterior del cilindro en la dirección de rotación, no tendrá que ser menor de 1270mm (50in). Inspecciona la plataforma periódicamente para determinar que no ha sido doblada cualquiera longitudinalmente o desde su posición radial normal con respecto



al cilindro. Si cualquier condición es encontrada, reparar o reemplazar la plataforma antes que más pruebas sean conducidas.

La máquina tendrá que ser conducida y contrarrestada a fin de mantener una velocidad periférica sustancialmente uniforme. Si un Angulo es usado como la plataforma, la dirección de rotación tendrá que ser tal que la carga es atrapada en la superficie exterior del Angulo.

- ✓ *Tamices*
- ✓ *Balanza.*
- ✓ *Carga* – La carga tendrá que consistir de esferas de acero promediando aproximadamente 46.8mm (1 27/32in) en diámetro y cada una teniendo una masa de entre 390 y 445g.

La carga dependiendo sobre la gradación de la muestra de prueba, tendrá que ser como sigue en la tabla XI:

**Tabla XI. Graduación de la Muestra de Prueba**

<b>Gradación</b>	<b>Número de esferas</b>	<b>Masa de carga, g</b>
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15



#### 4. Muestreo.

Obtén la muestra de campo en conformidad con la Practica D75, y reduce la muestra de campo al tamaño adecuado de muestra en conformidad con la Practica C702.

#### 5. Preparación de muestra de Prueba.

Lava la muestra reducida y seca al horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ) a una masa sustancialmente constante, sepárala en fracciones de tamaño individual, y recombínala a la gradación de la tabla siguiente, lo más cercanamente correspondiente al rango de tamaño en el agregado como es suministrado para el trabajo. Registra la masa de la muestra previa a la prueba a la cercanía de 1 g.

**Tabla XII. Grados de Muestras de Pruebas**

Tamaño de tamiz		Masa de tamaños indicados, g			
Pasando	Retenido	Grado			
		A	B	C	D
1 <sup>1/2</sup> in	1 in	1250 ± 25			
1 in	3/4 in	1250 ± 25			
3/4 in	1/2 in	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2 in	3/8 in	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8 in	1/4 in			2500 ± 10	
1/4 in	# 4 in			2500 ± 10	
# 4 in	# 8 in				5000 ± 10
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10



## **6. Procedimiento.**

Coloca la muestra de prueba y la carga en la máquina de prueba de Los Ángeles y rota la máquina a una velocidad de 30 a 33 r/min para 500 revoluciones. Después del número prescrito de revoluciones, descarga el material desde la máquina y has una separación preliminar de la muestra en un tamiz más grueso que el tamiz 1.70mm (No12). Tamiza la porción más fina en un tamiz de 1.70mm en un modo en conformidad al Método de Prueba C136. Lava el material más grueso que el tamiz 1.70mm (No12) y seca al horno a  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230\pm 9^{\circ}\text{F}$ ) a una masa sustancialmente constante, y determina la masa a la cercanía de 1 g. Si el agregado es esencialmente libre de cubiertas adherentes y polvo, el requerimiento para lavado después de la prueba es opcional. Sin embargo, en el caso de pruebas de referencia, el procedimiento de lavado tendrá que ser desempeñado.

## **7. Cálculos.**

Calcula la pérdida (diferencia entre la masa original y la masa final de la muestra de prueba) como un porcentaje de la masa original de la muestra de prueba. Registra este valor como el porcentaje de pérdida.

## **CAPITULO III**



**SELECCIÓN,  
LOCALIZACIÓN  
Y DESCRIPCIÓN  
DE BANCOS DE  
MATERIALES**



## **CAPITULO III: BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS**

### **3.1 GENERALIDADES.**

En el actual capítulo se presenta y detalla toda la información relacionada a la localización y descripción de las canteras en estudio. Asimismo un resumen general de los diversos aspectos de importancia en la zona oriental por ser la zona de análisis, los tipos de mapas que incluyen desde la morfología, y geología, a nivel general de todo el territorio de El Salvador para tener una referencia de cómo se encuentran ubicadas las canteras de explotación.

#### **Características De La Zona Oriental**

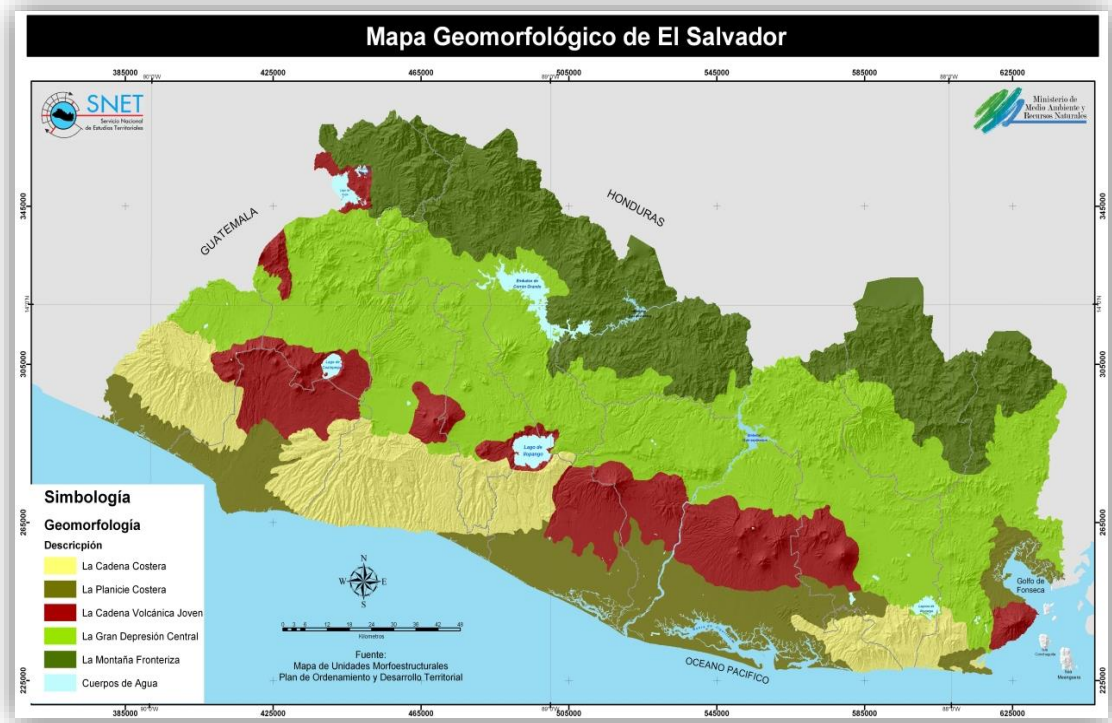
Esta zona está situada principalmente en la cordillera central, en la zona volcánica del oriente del país, entre los volcanes Tecapa, Usulután y San Miguel. La topografía del lugar varía de ondulada a muy alomada que comprende tres tipos de paisajes: cerros y montañas bastante disectados, con capas inferiores de rocas volcánicas antiguas; volcanes recientes con capas inferiores de depósitos piroclásticos sueltos, y planicies bajas, con capas de materiales piroclásticos sueltos y aluviales.

A continuación se representan gráficamente dos mapas generales de El Salvador; referentes al tema, así como también una breve descripción de los mismos:



### 3.2 GEOMORFOLOGÍA

**Ilustración 5. Mapa Geomorfológico de El Salvador**



El Salvador se encuentra en el cinturón de Fuego del Pacífico, y su territorio volcánico es muy activo. El 90% de su suelo es conformado por materiales volcánicos. Un 75% del territorio del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) es vulnerable, esto es importante para conocer las áreas donde impulsar proyectos urbanísticos, que a futuro no afecten a la población. Todo lo anterior se presentó mediante un mapa geomorfológico. La presentación del mapa se realizó después de una investigación realizada por el geomorfológico Jiri Sebesta, miembro del Servicio Geológico de República Checa, la OPAMSS y la Unión Europea, a través del proyecto de Fortalecimiento de la Gestión Ambiental en El Salvador (FORGAES).



### 3.3 GEOLOGÍA

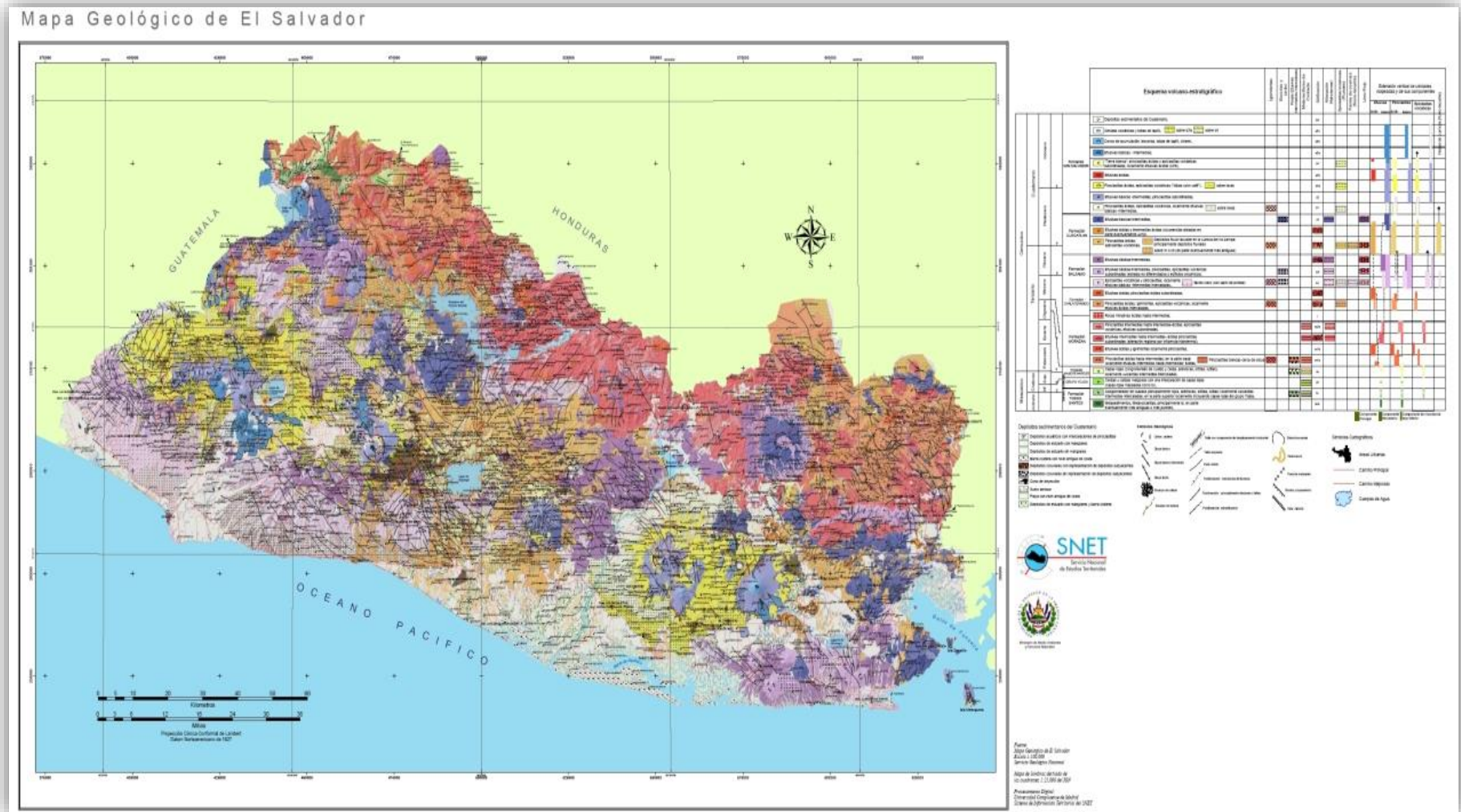


Ilustración 6. Mapa Geológico de El Salvador



La importancia del estudio geológico en El Salvador viene dada por la relación que se establece en los territorios entre la sociedad y su entorno natural, ya que la mutua afectación puede generar impactos positivos (aprovechamiento de los recursos) o negativos (generación de riesgos geológicos e hidrometeorológicos).

Desde este punto de vista las estrategias de desarrollo deben considerar la relación sociedad-entorno, y es aquí donde pueden ayudar las diferentes disciplinas de la geología en función de dos grandes objetivos: gestión de los recursos naturales y gestión de los riesgos geológicos e hidrometeorológicos.

Una de las estrategias presentadas en nuestro país, es la siguiente: *Gestión de los riesgos geológicos e hidrometeorológicos*: investigación de los fenómenos naturales presentes en El Salvador para la caracterización de las amenazas que se derivan de la relación del fenómeno natural con la sociedad.

- **Geomorfología:** tiene por objeto la descripción y la explicación del relieve como resultado de la acción de los agentes atmosféricos sobre la superficie terrestre. Permite conocer la génesis de las “formas del relieve”, como actúa la erosión, la escorrentía superficial, la circulación de los ríos y el movimientos de las laderas, por lo que se pueden definir áreas de amenaza ante estos fenómenos.
- **Sismología:** es la rama de la geología que se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las ondas sísmicas que estos generan por el interior y la superficie de la tierra. La sismología también incluye el estudio de los maremotos



y tsunamis asociados, y los movimientos sísmicos previos a erupciones volcánicas.

Nos permite conocer como el terremoto afecta en diferentes zonas y así crear estructuras, infraestructura, vivienda, etc., de forma adecuada y segura.

### **3.4 SELECCIÓN, LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS A ANALIZAR.**

Los bancos en estudio, se seleccionaron debido a la importancia generada a la población de constructores de la zona oriental como alrededores. Algunos de los aspectos que se tomaron en cuenta para dicha selección son: ubicación geográfica, volumen de extracción y abastecimiento de materiales pétreos.

Se tomaron dos muestras de material manufacturado, uno de agregado fino y otro de grueso; directamente del lugar de trituración de cada banco de material.

Los bancos de materiales evaluados para el presente estudio de investigación lo constituyen: Pro-Block S.A. DE C.V. San Miguel, Pedrera El Ángel, La Unión, y la Pedrera La Hulera, Usulután.



### 3.5 CANTERA PRO BLOCK S.A. DE C.V.

#### *I. Localización.*

Ubicada al lado izquierdo del camino que conduce al Caserío y Cantón Cerro Bonito, a 350 metros de la intersección de la carretera que de San Miguel conduce a La Unión, Cantón Valle Nuevo municipio y departamento de San Miguel. Cuenta con una extensión territorial de 48259.65m<sup>2</sup> y es propiedad del señor José Ricardo Ayala Álvarez.

#### *II. Descripción Geográfica.*

##### Geología de la Cantera.

Geológicamente el área está influenciada por una secuencia Vulcano sedimentaria que data del plio-pleistoceno. Regionalmente la sección volcánica comprende tobas ácidas en la base, posteriormente lavas ácidas interminadas y andesíticas basálticas en la parte superior, así mismo la secuencia sedimentaria está limitada a cuencas intermontañas, que comprenden horizontes de diatomitas, epidastritas y areniscas intercaladas localmente por capas carbonosas, tobas, etc.

Es decir, la clasificación geológica de los materiales que circundan la laguna de Aramuaca, es la siguiente:

- Cuaternario reciente: material volcánico redepositados con capas intercaladas de arcillas y diatomita.



- Cuaternario subcreciente: capas estratificadas de cenizas, pómez, lapilli y escorias volcánicas, observándose en algunos sitios bloques subredondeados y capas de basalto.
- Cuaternario-terciario: flujos o colas de andesitas basálticas y de tobas aglomerática.

Las características geológicas de la zona analizada han sido delimitadas por la influencia de la actividad del volcán de San Miguel o Chaparrastique, así como por el arrastre y depósito de sedimentos del río grande de San Miguel.

### ***III. Método de extracción.***

Descapote o carga. El descapote o carga se realiza en una capa de espesor variable que puede ser de 0.30m a 0.5m, el cual es transportado hacia un terreno que utilizan como patios relleno que tienen más o menos 0.5km de distancia del frente de extracción más cercano, el equipo que utilizan consta de tractor de oruga, cargador y camión de volteo.

Extracción y transporte. La extracción se realiza haciendo uso de un cargador frontal, con profundidades según la altura del banco, posteriormente el material es transportado por medio de camiones de volteo hacia una rampa.



#### ***IV. Obtención de los Agregados.***

Una vez separadas las rocas de más de 15cm de diámetro de las arenas (que se da a través de un tamiz primario), estas pasan al fondo de una tolva de donde son transportadas por bandas hacia la trituradora la cual convierte el conjunto de dimensiones según tamaños deseados –arena, grava N°1- manteniendo como parámetro la norma ASTM C33, obteniendo al final de todo el proceso una producción diaria promedio de 190m<sup>3</sup>. Las rocas que no atraviesan el tamiz ( $\varnothing=15\text{cm}$ ) son agrupadas para luego ser transportadas a zonas de acopio.



**Ilustración 7. Material Fino**



**Ilustración 8. Material Grueso**

#### ***V. Condiciones de Operación***

Instalaciones. Las oficinas administrativas están compuesta por una jefatura, oficinas administrativas y de ventas, estas últimas atendidas por una encargada de ventas y las demás por el propietario, personal administrativo, etc.; bodega para equipo y herramientas manuales, así como un taller con mecánicos y ayudantes para operaciones pequeñas,



además cuenta con instalaciones sanitarias y patios de acopio, el conjunto es cuidado por dos vigilantes y la zona está cercada.



**Ilustración 9. Acceso Principal a Cantera Pro-Block**

Maquinaria y equipo. El equipo mecanizado consta de cinco cargadores, seis camiones de volteo, un tractor, una excavadora con un operario por cada una; las herramientas manuales son azadones, palas, carretillas, piochas entre otros pero su uso no es muy frecuente entre los obreros. El taller trabaja en conjunto con general de equipos la cual proporciona al propietario las piezas y refacciones que se soliciten y reparaciones especializadas, además se cuenta con chequeos, así como el engrase y limpieza periódica del equipo, asimismo se brinda mantenimiento a oficinas administrativas, bodegas, casetas, etc.



**Ilustración 10. Máquina usada para trituración**



**Ilustración 11. Vista lateral y panorámica del equipo de trituración y transportación del material.**





Seguridad laboral. En la cantera PRO BLOCK existe un reglamento interno de seguridad laboral en el cual se establecen normas como el uso en todo momento del equipo asignado al personal entre otras, pero no existe un monitoreo hacia el uso del mismo por parte de los obreros aunque se les exige, los accidentes sucedidos han sido por negligencia del trabajador.

#### **VI. Tipos de impactos producidos por la explotación de la cantera.**

La explotación de cualquier tipo de cantera tiene como consecuencia la producción de una serie de impactos negativos sobre el Medio Ambiente con el que interactúan que afectan el orden natural, he aquí se señalan algunos de ellos.

#### Impactos Observados En La Cantera Pro Block:

- 1. Polvo.** Entre los contaminantes que se encuentran se mencionan dos fuentes: el polvo que es provocado tanto por las acciones de corte, carga y transporte, así como las trituradoras que al efectuar el machaqueo liberan partículas de fino al aire.
- 2. Ruido.** Este impacto es constante y provocado por los motores de las maquinarias dedicadas a las operaciones de ripado, transporte, descarga y trituración de las rocas.
- 3. Visual.** Este impacto se da en cualquier explotación dedicada a la extracción de materiales pétreos los cuales producen impactos visuales negativos, debido a que producen alteraciones en la morfología del lugar, cambios en los elementos físicos



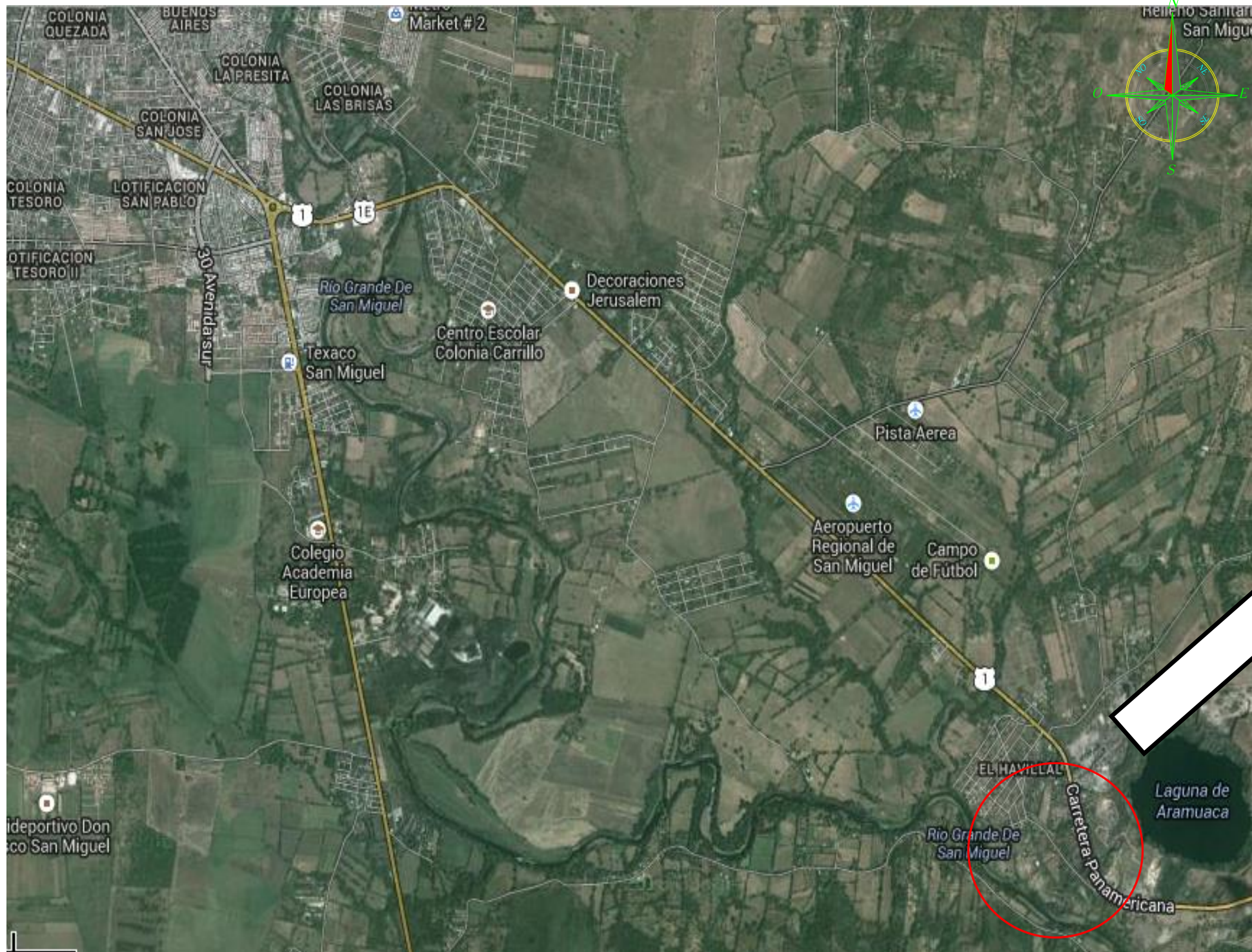
de las canteras; como los provocados por los frentes de explotación, ubicación de instalaciones, descubierta vegetal, etc.

***VII. Permisos presentados***

Cuenta con sus respectivos permisos ante Ministerio de Medio Ambiente.



## CANTERA PRO BLOCK





### **3.6 CANTERA LA HULERA**

#### ***I. Localización.***

Ubicada en el kilómetro 115 Carretera El Litoral, 1.75 km desde By Pass de Usulután Carretera Santiago de María, lado derecho, Cantón Ojo de Agua municipio y departamento de Usulután, propiedad del señor Ricardo Arturo Batlle Cabrera.

#### ***II. Descripción Geográfica***

##### *Geología de la Cantera.*

Geológicamente la formación del área cuenta con niveles de coladas basáltico-andesíticas y se trata de roca ígnea efusiva básica, negruzca, con textura porfídica, constituida esencialmente por fenocristales de plagioclasas y piroxenos, incluidos en una matriz microcristalina.

#### ***III. Método de extracción***

*Descapote o carga.* El descapote se hace a un kilómetro aproximadamente, ya que está formado por una capa de coladas basáltico-andesíticas con espesor variables en ladera. El equipo utilizado para este propósito consta de buldócer, cargador frontal y camiones de volteo, ya que el material es fácilmente cortado.



*Extracción y transporte.* La extracción se realiza por medio de la fragmentación, haciendo uso de una retroexcavadora, siendo entonces cargados y posteriormente transportados, mediante camiones de volteo, hacia el sitio donde se encuentran los equipos de trituración.



**Ilustración 72. Transportación de material para la trituración**

#### ***IV. Obtención del agregado.***

Debido al diaclasamiento y a la fracturación de la roca, esta se compone de partículas de tamaño manejables para la trituradora donde las hacen pasar por las trituradoras secundarias, donde es triturado a los tamaños de materiales fijados, para ser utilizados en la fabricación del concreto. La explotación daría entre grava y arena es de 200m<sup>3</sup> a 500 m<sup>3</sup>.



Cuenta con una extensión territorial de 20 manzanas y los materiales que se extraen son la grava N° 1, N°2, ¾, ½, 3/8, N°0 y arena triturada. Distribuyéndose principalmente a la planta de mezclas asfáltica la Hulera, y en toda la zona. Además en la pedrera se está explotando desde el año de 1981, pero desde el año de 1970 se venía extrayendo material.



**Ilustración 83. Clasificación de material triturado**



**Ilustración 94. Maquinaria triturando material pétreo**



## V. *Condiciones de operación*

Instalaciones. La pedrera la Hulera posee instalaciones tales como: instalaciones eléctricas, sanitarias, cuenta con patios de acopios tanto para el material estéril, como para el material obtenido producto de los procesos de trituración, asimismo cuenta con oficinas administrativas, talleres y bodegas provisionales.



**Ilustración 115. Instalaciones de la Pedrera La**

Maquinaria y equipo. La maquinaria con la que cuenta es, retroexcavadora, buldócer, cargador frontal, camiones de volteo, maquinaria de trituración, y herramientas manuales.



**Ilustración 126. Material final de la**

Seguridad laboral. En la pedrera poseen reglamentos dirigidos especialmente a la seguridad laboral del personal administrativo y principalmente de los obreros. Para el cumplimiento del reglamento y normas se deben seguir aspectos como prendas de protección personal, necesariamente a la hora de llevar a cabo una labor.



**Ilustración 137. Seguridad Laboral**





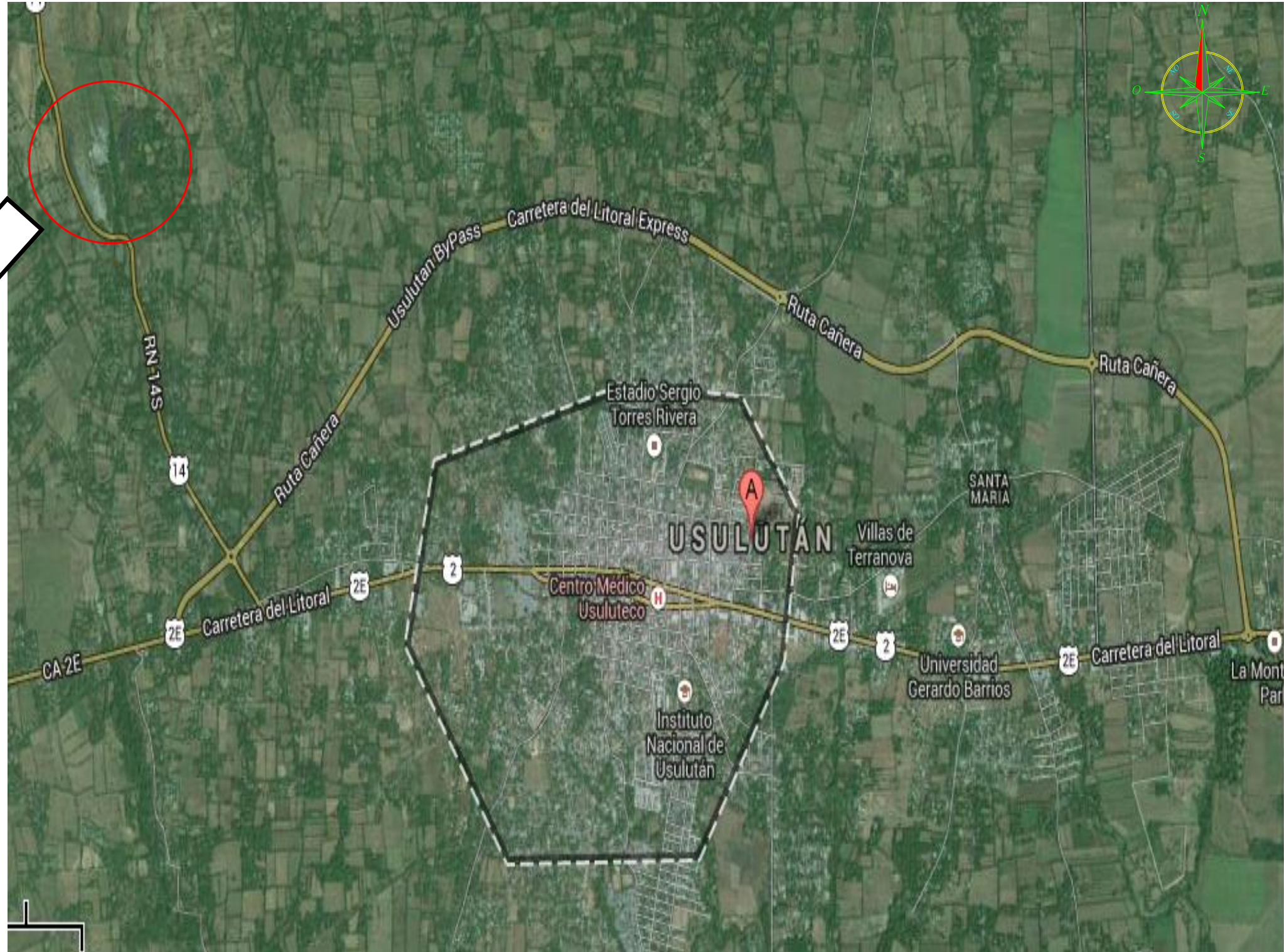
## **VI. Los Impactos Observados En La Pedrera la Hulera.**

1. **Polvo.** Puede producirse debido a las operaciones de voladura, acarreo y machacado de la roca, contaminando el aire que respiran los operarios de la explotación, (si no están debidamente protegidos) como partículas en suspensión que pudieran ser llevadas por el viento hacia sitios aledaños o poblados.
  
2. **Ruido.** Este impacto es constante y provocado tanto por operaciones de perforación, voladuras como por los motores de las maquinarias dedicadas a las operaciones de ripado, transporte, descarga y trituración de las rocas.
  
3. **Visual.** La explotación de cualquier explotación dedicada a la extracción de materiales pétreos produce impactos visuales negativos, al alterar las características del paisaje, ubicación de instalaciones, descubertura vegetal, etc.

## **VII. Permisos presentados**

Cuenta con sus respectivos permisos ante Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Economía para la explotación de los materiales pétreos.

CANTERA LA HULERA





### **3.7 CANTERA EL ÁNGEL**

#### ***I. Localización.***

Ubicada sobre antigua calle a cantón Talpetate, municipio de El Sauce, departamento de La Unión, aproximadamente 8 kilómetros a partir del mojón 190 de la carretera Panamericana (CA-1), Tiene un área total de 34,104.17 metros cuadrados, y es propiedad del señor Ángel Rubén Velásquez.

#### ***II. Descripción Geográfica***

##### *Geología de la Cantera*

La zona de estudio pertenece a eventos geológicos, de naturaleza volcánica, los cuales constituyen parte de la historia geológica de El Salvador. La zona estuvo expuesta a eventos de actividad volcánica en la era del terciario inferior a la fecha, específicamente oligoceno-mioceno, y pleistoceno y sedimentos fluvio-continetales del cuaternario.

#### ***III. Método de extracción***

*Descapote o carga.* El descapote o carga, se realiza en una capa de espesor variable, para luego el material ser transportado a un terreno que sirve de acopio, utilizando equipo como retroexcavadora y camión de volteo.



Extracción y transporte. El material es transportado hacia una banda, para luego la piedra llevarla hacia la trituradora.

#### ***IV. Obtención del agregado***

Consiste en la extracción, trituración, clasificación y transporte de 1,000.00 metros cúbicos por mes de piedra, para ser usada en la industria de la construcción.



**Ilustración 18. Material Triturado**



**Ilustración 19. Material en acopio**

#### ***V. Condiciones de operación***

Instalaciones. La pedrera El Ángel posee instalaciones como oficinas administrativas, también con patios de acopios tanto para el material estéril, como para el material obtenido producto de los procesos de trituración.



**Ilustración 20.**  
**Acceso a carga de Material**



**Ilustración 21.**  
**Proceso de Trituración Terminado**

Maquinaria y equipo. En la pedrera se hace uso de camión de volteo, retroexcavadora y la trituradora como maquinaria y equipo, y de herramientas manuales como pala, etc.



**Ilustración 22. Maquinaria de Transportación**



Ilustración 23. Calle de acceso para carga de material

Seguridad laboral. Se cuenta con un control de seguridad laboral del personal administrativo y principalmente de los obreros.

#### **VI. Los Impactos Observados En La Pedrera El Ángel**

1. **Polvo.** Se produce por la trituración de la piedra, contaminando el aire, llevando partículas por el viento hacia los lugares aledaños.
2. **Ruido.** Es provocado por las operaciones de la maquinaria de trituración de la piedra, y este puede ser constante ya que diariamente se extrae material.
3. **Visual.** Este impacto es negativo ya que se está alterando las características que posee el paisaje natural, con las instalaciones de maquinarias, y la extracción del material.

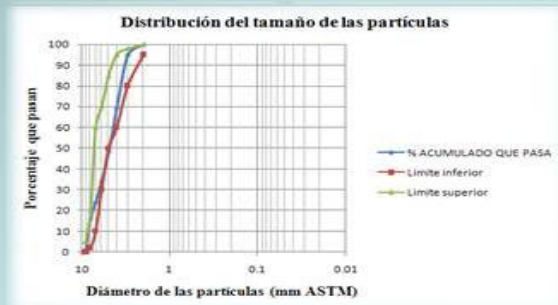
#### **VII. Permisos presentados**

Cuenta con sus respectivos permisos ante Ministerio de Medio Ambiente.

# CANTERA EL ANGEL



# CAPITULO IV



# MEMORIA DE CÁLCULO





## CAPITULO IV: MEMORIA DE CÁLCULO

En esta sección se presentan todos los cálculos realizados de cada norma ASTM estudiada.

Todas las ecuaciones utilizadas son establecidas por cada norma según su designación. Al igual que las unidades de las que se han hecho uso.

Se hizo un breve resumen de la norma como introducción a los cálculos realizados, por cada cantera se evaluaron tres muestras por cada ensayo.

### **4.1 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.**

#### **ASTM Designación C 127**

##### **Descripción de la norma:**

- Se efectuó el ensayo de acuerdo a la especificación ASTM, donde se realizó el muestreo para obtener las muestras que reflejan la naturaleza y condiciones de los materiales, cumpliendo la norma ASTM D 75, al igual con el cumplimiento de la ASTM C 702 de reducir la muestra obtenida a un tamaño conveniente.
- Las muestras de agregados fueron inmersas en agua por  $24 \pm 4$ h.



- Después fueron secadas la superficie de las partículas, hasta obtener el peso SSS.
- Subsecuentemente, se colocó la muestra en el contenedor y se tomó la masa aparente por el método de desplazamiento de agua a  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Para finalmente, la muestra es secada al horno y la masa determinada.
- Y teniendo los valores de masa y formulas en este método de prueba, se presentan los cálculos siguientes:

**PROCEDENCIA: PRO-BLOCK**

**Datos**

A = masa al aire de la muestra seca al horno, gr.

B = masa al aire de la muestra saturada superficialmente seca, gr.

C = masa aparente de la muestra saturada en agua, gr.

**MUESTRA N°: 1**

A = 1968.4gr

B = 2000 gr

C = 1245.9 gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = A / (B - C)$$



$$G_{OD} = 1968.4gr / (2000 gr - 1245.9 gr)$$

$$G_{OD} = 2.610$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = B / (B - C)$$

$$G_{SSS} = 2000 gr / (2000 gr - 1245.9 gr)$$

$$G_{SSS} = 2.652$$

✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = A / (A - C)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 1968.4 gr / (1968.4 gr - 1245.9 gr)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.724$$

✓ *Absorción*

$$\text{Absorción, \%} = (B - A) / A \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = \frac{2000 gr - 1968.4 gr}{1968.4 gr} \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 1.60$$

## MUESTRA N°: 2

$$A = 1959.5gr$$

$$B = 2000 gr$$



$$C = 1229.2\text{gr}$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = A / (B - C)$$

$$G_{OD} = 1959.5 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1229.2 \text{ gr})$$

$$G_{OD} = 2.542$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = B / (B - C)$$

$$G_{SSS} = 2000 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1229.2 \text{ gr})$$

$$G_{SSS} = 2.594$$

✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = A / (A - C)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 1959.5 \text{ gr} / (1959.5 \text{ gr} - 1229.2 \text{ gr})$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.683$$

✓ *Absorción*

$$\text{Absorción, \%} = (B - A) / A \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = \frac{2000 \text{ gr} - 1959.5 \text{ gr}}{1959.5 \text{ gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 2.07$$



### MUESTRA N°: 3

$$A = 1951.9\text{gr}$$

$$B = 2000 \text{ gr}$$

$$C = 1125.3\text{gr}$$

- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = A / (B - C)$$

$$G_{OD} = 1951.9 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1125.3 \text{ gr})$$

$$G_{OD} = 2.487$$

- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = B / (B - C)$$

$$G_{SSS} = 2000 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1125.3 \text{ gr})$$

$$G_{SSS} = 2.548$$

- ✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = A / (A - C)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 1951.9 \text{ gr} / (1951.9 \text{ gr} - 1125.3 \text{ gr})$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.649$$

- ✓ *Absorción*

$$\text{Absorción, \%} = (B - A) / A \times 100$$



$$\text{Absorción, \%} = \frac{2000 \text{ g} - 1951.9 \text{ gr}}{1951.9 \text{ gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 2.46$$

### **PROCEDENCIA: LA HULERA**

#### **Datos**

A = masa al aire de la muestra seca al horno, gr.

B = masa al aire de la muestra saturada superficialmente seca, gr.

C = masa aparente de la muestra saturada en agua, gr.

#### **MUESTRA N°: 1**

A = 1970.3gr

B = 2000 gr

C = 1212.4gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = A / (B - C)$$

$$G_{OD} = 1970.3 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1212.4 \text{ gr} )$$

$$G_{OD} = 2.501$$



- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = B / (B - C)$$

$$G_{SSS} = 2000 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1212.4 \text{ gr})$$

$$G_{SSS} = 2.539$$

- ✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = A / (A - C)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 1970.3 \text{ gr} / (1970.3 \text{ gr} - 1212.4 \text{ gr})$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.599$$

- ✓ *Absorción*

$$\text{Absorción, \%} = (B - A) / A \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = \frac{2000 \text{ gr} - 1970.3 \text{ gr}}{1970.3 \text{ gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 1.51$$

## MUESTRA N°: 2

$$A = 1966.2 \text{ gr}$$

$$B = 2000 \text{ gr}$$

$$C = 1201.6 \text{ gr}$$

- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = A / (B - C)$$



$$G_{OD} = 1966.2 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1201.6 \text{ gr})$$

$$G_{OD} = 2.462$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = B / (B - C)$$

$$G_{SSS} = 2000 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1201.6 \text{ gr})$$

$$G_{SSS} = 2.505$$

✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = A / (A - C)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 1966.2 \text{ gr} / (1966.2 \text{ gr} - 1201.6 \text{ gr})$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.571$$

✓ *Absorción*

$$\text{Absorción, \%} = (B - A) / A \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = \frac{2000 \text{ gr} - 1966.2 \text{ gr}}{1966.2 \text{ gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 1.72$$

### **MUESTRA N°: 3**

$$A = 1960.3 \text{ gr}$$

$$B = 2000 \text{ gr}$$





$$C = 1197.5 \text{ gr}$$

- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = A / (B - C)$$

$$G_{OD} = 1960.3 \text{ gr} / (2000 \text{ g} - 1197.5 \text{ gr})$$

$$G_{OD} = 2.442$$

- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = B / (B - C)$$

$$G_{SSS} = 2000 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1197.5 \text{ gr})$$

$$G_{SSS} = 2.492$$

- ✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = A / (A - C)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 1960.3 \text{ gr} / (1960.3 \text{ gr} - 1197.5 \text{ gr})$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.569$$

- ✓ *Absorción*

$$\text{Absorción, \%} = (B - A) / A \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = \frac{2000 \text{ gr} - 1960.3 \text{ gr}}{1960.3 \text{ gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 2.03$$



**PROCEDENCIA: EL ANGEL**

**Datos**

A = masa al aire de la muestra seca al horno, gr.

B = masa al aire de la muestra saturada superficialmente seca, gr

C = masa aparente de la muestra saturada en agua, gr.

**MUESTRA N°: 1**

A = 1969.2 gr

B = 2000 gr

C = 1234.7gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = A / (B - C)$$

$$G_{OD} = 1969.2 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1234.7\text{gr})$$

$$G_{OD} = 2.573$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = B / (B - C)$$

$$G_{SSS} = 2000 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1234.7\text{gr})$$



$$G_{SSS} = 2.613$$

✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = A / (A - C)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 1969.2 \text{ gr} / (1969.2 \text{ gr} - 1234.7 \text{ gr})$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.681$$

✓ *Absorción*

$$\text{Absorción, \%} = (B - A) / A \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = \frac{2000 \text{ gr} - 1969.2 \text{ gr}}{1969.2 \text{ gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 1.56$$

## MUESTRA N°: 2

$$A = 1961.0 \text{ gr}$$

$$B = 2000 \text{ gr}$$

$$C = 1215.6 \text{ gr}$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = A / (B - C)$$

$$G_{OD} = 1961.0 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1215.6 \text{ gr})$$



$$G_{OD} = 2.50$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = B / (B - C)$$

$$G_{SSS} = 2000 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1215.6 \text{ gr})$$

$$G_{SSS} = 2.549$$

✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = A / (A - C)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 1961.0 \text{ gr} / (1961.0 \text{ gr} - 1215.6 \text{ gr})$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.630$$

✓ *Absorción*

$$\text{Absorción, \%} = (B - A) / A \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = \frac{2000 \text{ gr} - 1961.0 \text{ gr}}{1961.0 \text{ gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 1.99$$

### **MUESTRA N°: 3**

$$A = 1955.8\text{gr}$$

$$B = 2000 \text{ gr}$$

$$C = 1201.3\text{gr}$$



- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = A / (B - C)$$

$$G_{OD} = 1955.8 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1201.3 \text{ gr})$$

$$G_{OD} = 2.448$$

- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = B / (B - C)$$

$$G_{SSS} = 2000 \text{ gr} / (2000 \text{ gr} - 1201.3 \text{ gr})$$

$$G_{SSS} = 2.504$$

- ✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = A / (A - C)$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 1955.8 \text{ gr} / (1955.8 \text{ gr} - 1201.3 \text{ gr})$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.592$$

- ✓ *Absorción*

$$\text{Absorción, \%} = (B - A) / A \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = \frac{2000 \text{ g} - 1955.8 \text{ gr}}{1955.8 \text{ gr}} \times 100$$

$$\text{Absorción, \%} = 2.25$$



## **4.2 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO**

### **ASTM Designación: C 128**

#### **Breve descripción de la norma**

- El desarrollo del ensayo consistió con la realización de muestreo y reducción de la muestra para ser ensayada siguiendo los lineamientos de los estándares ASTM D 75 Y ASTM C 702.
- Las muestras de agregados fueron inmersas en agua por  $24 \pm 4$ h.
- Se asegura el secado homogéneo, determinando la humedad superficial de las partículas mediante la utilización del molde. Colocando una porción del agregado fino suelto parcialmente secado en el molde llenándolo hasta desbordar. para apisonar el agregado dentro del molde con 25 caídas ligeras del apisonador. Se levantó el molde verticalmente y un ligero revenimiento del agregado fino indico que alcanzo la condición superficialmente seca.
- Subsecuentemente, la muestra es colocada en un contenedor graduado y el volumen de la muestra es determinado por el método gravimétrico.
- Finalmente la muestra es secada al horno y la masa determinada. Para utilizar los valores de masa y formulas de la prueba, da como resultados los siguientes datos:



**PROCENDENCIA: PRO - BLOCK**

**Datos:**

A = masa del espécimen seco al horno, gr.

B = masa del picnómetro lleno con agua a la marca de calibración, gr.

C = masa del picnómetro llenado con el espécimen y agua a la marca de calibración.

S = masa del espécimen superficialmente seco, gr.

**MUESTRA N°: 1**

A = 479 gr

B = 1560 gr

C = 1865 gr

S = 500 gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$G_{OD} = \frac{479 \text{ g}}{(1,560 \text{ g} + 500 \text{ g} - 1,865 \text{ g})}$$

$$G_{OD} = 2.456$$



- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$G_{SSS} = \frac{500 \text{ gr}}{(1,560 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,865 \text{ gr})}$$

$$G_{SSS} = 2.564$$

- ✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = \frac{479 \text{ gr}}{(1,560 \text{ gr} + 479 \text{ gr} - 1,865 \text{ gr})}$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.753$$

- ✓ *Absorción*

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 \text{ gr} - 479 \text{ gr}}{479 \text{ gr}} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 4.384$$

## MUESTRA N°: 2

A= 480 gr

B= 1560 gr





$$C = 1882 \text{ gr}$$

$$S = 500 \text{ gr}$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$G_{OD} = \frac{480 \text{ gr}}{(1,560 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,882 \text{ gr})}$$

$$G_{OD} = 2.697$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$G_{SSS} = \frac{500 \text{ gr}}{(1,560 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,882 \text{ gr})}$$

$$G_{SSS} = 2.809$$

✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = \frac{480 \text{ gr}}{(1,560 \text{ gr} + 480 \text{ gr} - 1,882 \text{ gr})}$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 3.04$$



✓ Absorción

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 \text{ gr} - 480 \text{ gr}}{480 \text{ gr}} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 4.166$$

### MUESTRA N°: 3

A= 485 gr

B= 1560 gr

C= 1862 gr

S= 500 gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$G_{OD} = \frac{485 \text{ gr}}{(1,560 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,862 \text{ gr})}$$

$$G_{OD} = 2.449$$



- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$G_{SSS} = \frac{500 \text{ gr}}{(1,560 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,862 \text{ gr})}$$

$$G_{SSS} = 2.525$$

- ✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = \frac{485 \text{ gr}}{(1,560 \text{ gr} + 485 \text{ gr} - 1,862 \text{ gr})}$$

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = 2.651$$

- ✓ *Absorción*

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 \text{ gr} - 485 \text{ gr}}{485 \text{ gr}} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 3.093$$



**PROCEDENCIA: LA HULERA**

**Datos:**

A = masa del espécimen seco al horno, gr.

B = masa del picnómetro lleno con agua a la marca de calibración, gr.

C = masa del picnómetro llenado con el espécimen y agua a la marca de calibración.

S= masa del espécimen superficialmente seco, gr.

**MUESTRA N°: 1**

A= 477 gr

B= 1570 gr

C= 1895 gr

S= 500 gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$G_{OD} = \frac{477 \text{ g}}{(1,570 \text{ g} + 500 \text{ g} - 1,895 \text{ g})}$$

$$DG_{OD} = 2.726$$



- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$G_{SSS} = \frac{500 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,895 \text{ gr})}$$

$$G_{SSS} = 2.857$$

- ✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = \frac{477 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 477 \text{ gr} - 1,895 \text{ gr})}$$

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = 3.138$$

- ✓ *Absorción*

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 \text{ gr} - 477 \text{ gr}}{477 \text{ gr}} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 4.822$$

## MUESTRA N°: 2

A= 479 gr

B= 1570 gr



$$C = 1870 \text{ gr}$$

$$S = 500 \text{ gr}$$

- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$G_{OD} = \frac{479 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,870 \text{ gr})}$$

$$G_{OD} = 2.395$$

- ✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$G_{SSS} = \frac{500 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,870 \text{ gr})}$$

$$G_{SSS} = 2.500$$

- ✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = \frac{479 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 479 \text{ gr} - 1,870 \text{ gr})}$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.676$$



✓ Absorción

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 \text{ gr} - 479 \text{ gr}}{479 \text{ gr}} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 4.384$$

### MUESTRA N°: 3

A= 469 gr

B= 1570 gr

C= 1871 gr

S= 500 gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$G_{OD} = \frac{469 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,871 \text{ gr})}$$

$$G_{OD} = 2.357$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$



$$G_{SSS} = \frac{500 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,871 \text{ gr})}$$

$$G_{SSS} = 2.513$$

✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = \frac{469 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 469 \text{ gr} - 1,871 \text{ gr})}$$

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = 2.792$$

✓ *Absorción*

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 \text{ gr} - 469 \text{ gr}}{469 \text{ gr}} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 6.609$$

**PROCEDENCIA: EL ANGEL**

**Datos:**

A = masa del espécimen seco al horno, gr.

B = masa del picnómetro lleno con agua a la marca de calibración, gr.





C = masa del picnómetro llenado con el espécimen y agua a la marca de calibración.

S= masa del espécimen superficialmente seco, gr.

### MUESTRA N°: 1

A= 468 gr

B= 1570 gr

C= 1860 gr

S= 500 gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$G_{OD} = \frac{468 \text{ g}}{(1,570 \text{ g} + 500 \text{ g} - 1,860 \text{ g})}$$

$$G_{OD} = 2.229$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$G_{SSS} = \frac{500 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,860 \text{ gr})}$$

$$G_{SSS} = 2.381$$



✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = \frac{468 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 468 \text{ gr} - 1,860 \text{ gr})}$$

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = 2.629$$

✓ *Absorción*

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 \text{ gr} - 468 \text{ gr}}{468 \text{ gr}} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 6.837$$

## **MUESTRA N°: 2**

A= 481 gr

B= 1570 gr

C= 1862 gr

S= 500 gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = \frac{A}{(B + S - C)}$$



$$G_{OD} = \frac{481 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,862 \text{ gr})}$$

$$G_{OD} = 2.312$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$G_{SSS} = \frac{500 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,861 \text{ gr})}$$

$$G_{SSS} = 2.392$$

✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = \frac{481 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 479 \text{ gr} - 1,862 \text{ gr})}$$

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = 2.572$$

✓ *Absorción*

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 \text{ gr} - 481 \text{ gr}}{481 \text{ gr}} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 3.950$$



### MUESTRA N°: 3

A= 458 gr

B= 1570 gr

C= 1860 gr

S= 500 gr

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (OD)*

$$G_{OD} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$G_{OD} = \frac{458 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,860 \text{ gr})}$$

$$G_{OD} = 2.180$$

✓ *Densidad Relativa (Gravedad Específica) (SSS)*

$$G_{SSS} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

$$G_{SSS} = \frac{500 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 500 \text{ gr} - 1,860 \text{ gr})}$$

$$G_{SSS} = 2.380$$

✓ *Densidad Relativa Aparente (Gravedad Específica Aparente)*

$$G_{SA} \text{ (Gravedad Específica Aparente)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$



$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = \frac{458 \text{ gr}}{(1,570 \text{ gr} + 469 \text{ gr} - 1,860 \text{ gr})}$$

$$G_{SA} (\text{Gravedad Específica Aparente}) = 2.559$$

✓ Absorción

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{500 \text{ gr} - 458 \text{ gr}}{458 \text{ gr}} * 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = 9.170$$

### 4.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD BRUTA (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS.

**ASTM Designación: C 29 / C 29M**

**Breve descripción de la norma:**

- El ensayo se realizó primeramente con el muestreo para luego su reducción de la muestra a tomar de acuerdo a las especificaciones que lo establecen (ASTM D 75 y ASTM C 702).
- El tamaño de la muestra secada al horno, fue aproximadamente 125% de la cantidad requerida para llenar el medidor.



- El procedimiento de Varillado consistió en llenar el medidor un tercio nivelando la superficie con los dedos para varillar la capa de agregado con 25 golpes de la varilla apisonadora distribuidos sobre la superficie. Se llenó el medidor para sobrellenar y varilla otra vez en la forma antes mencionada, nivelar la superficie de los agregados. Para determinar la masa del medidor más su contenido, y la masa del medidor solo.
- El procedimiento Suelto. Se llenó el medidor hasta sobrellenar por medio de una pala, descargando el agregado desde una altura aproximadamente de 50mm sobre el medidor, se nivela la superficie del agregado, esto se realiza tres veces, para luego determinar la masa del medidor más su contenido, y la masa del medidor solo.
- Con los datos, se obtienen los siguientes resultados:

### **AGREGADO FINO (VARILLADO)**

#### **PROCEDENCIA: PRO- BLOCK**

- ✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)



**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(9.340 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,678.082 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(9.430 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,707.44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(9.441 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,711.024 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(2.624 * 998 \text{ kg/m}^3) - 1,678.082 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}|}{(2.624 * 998 \text{ kg/m}^3)} = 35.920$$



**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.624 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,707.44 \frac{kg}{m^3} \right|}{(2.624 * 998 \text{ kg/m}^3)} = 34.799$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| (2.624 * 998 \text{ kg/m}^3) - 1,711.024 \frac{kg}{m^3} \right|}{(2.624 * 998 \text{ kg/m}^3)} = 34.663$$

**PROCEDENCIA: LA HULERA**

✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(10.036 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,905.08 \frac{kg}{m^3}$$





**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(10.040 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,906.39 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(10.060 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,912.92 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.493 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,905.08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{\left( 2.493 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 23.429$$



**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.493 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,906.39 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.493 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 23.377$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.493 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,912.92 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.493 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 23.114$$

**PROCEDENCIA: EL ÁNGEL**

✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(8.720 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,475.86 \frac{kg}{m^3}$$



**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(8.705 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,470.97 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(8.760 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,488.91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.240 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,475.86 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{\left( 2.240 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 33.981$$



**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.240 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,470.97 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{\left( 2.240 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 34.200$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.240 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,488.91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{\left( 2.240 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 33.398$$

**AGREGADO FINO (SUELTO)**

**PROCEDENCIA: PRO- BLOCK**

✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)



**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(9.340 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,678.08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(9.372 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,688.52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(9.440 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,710.70 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)



**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.624 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,678.08 \frac{kg}{m^3} \right|}{2.624 * 998 \frac{kg}{m^3}} = 35.920$$

**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.624 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,688.52 \frac{kg}{m^3} \right|}{2.624 * 998 \frac{kg}{m^3}} = 35.522$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.624 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,710.70 \frac{kg}{m^3} \right|}{2.624 * 998 \frac{kg}{m^3}} = 34.675$$

**PROCEDENCIA: LA HULERA**

✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)



G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(9.760 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,815.07 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(9.710 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,798.76 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(9.732 \text{ kg} - 4.195 \text{ kg})}{0.003066 \text{ m}^3} = 1,805.94 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)



**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.493 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,815.07 \frac{kg}{m^3} \right|}{2.493 * 998 \frac{kg}{m^3}} = 27.047$$

**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.493 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,798.76 \frac{kg}{m^3} \right|}{2.493 * 998 \frac{kg}{m^3}} = 27.703$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.493 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,805.94 \frac{kg}{m^3} \right|}{2.493 * 998 \frac{kg}{m^3}} = 27.414$$

**PROCEDENCIA: EL ÁNGEL**

✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)





**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(8.570kg - 4.195 kg)}{0.003066 m^3} = 1,426.94 \frac{kg}{m^3}$$

**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(8.516kg - 4.195 kg)}{0.003066 m^3} = 1,409.33 \frac{kg}{m^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(8.535 kg - 4.195 kg)}{0.003066 m^3} = 1,415.53 \frac{kg}{m^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.240 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,426.94 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.240 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 36.169$$



**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.240 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,409.33 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.240 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 36.957$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.240 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,415.53 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.240 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 36.680$$

**AGREGADO GRUESO (VARILLADO)**

**PROCEDENCIA: PRO- BLOCK**

- ✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)



**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(10.115 \text{ kg} - 0.595 \text{ kg})}{0.00639 \text{ m}^3} = 1,489.83 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(10.280 \text{ kg} - 0.595 \text{ kg})}{0.00639 \text{ m}^3} = 1,515.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(10.185 \text{ kg} - 0.595 \text{ kg})}{0.00639 \text{ m}^3} = 1,500.78 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)



**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.546 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,489.83 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{\left( 2.546 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 41.366$$

**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.546 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,515.65 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{\left( 2.546 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 40.350$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.546 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,500.78 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{\left( 2.546 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 40.935$$

**PROCEDENCIA: LA HULERA**

✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)



**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(10.665kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,575.90 \frac{kg}{m^3}$$

**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(10.600kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,565.73 \frac{kg}{m^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(10.715kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,583.72 \frac{kg}{m^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.468 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,575.90 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.468 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 36.018$$



**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.468 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,565.73 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.468 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 36.432$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.468 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,583.72 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.468 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 34.699$$

**PROCEDENCIA: EL ÁNGEL**

✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(10.005kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,472.61 \frac{kg}{m^3}$$



**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(10.105kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,488.26 \frac{kg}{m^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(10.140kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,493.74 \frac{kg}{m^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.507 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,472.61 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.507 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 41.142$$



**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.507 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,488.26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{\left( 2.507 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 40.52$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.507 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,493.74 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{\left( 2.507 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = 40.298$$

**AGREGADO GRUESO (SUELTO)**

**PROCEDENCIA: PRO- BLOCK**

- ✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)





**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(10.060kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,481.22 \frac{kg}{m^3}$$

**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(10.035kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,477.31 \frac{kg}{m^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(10.015kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,474.18 \frac{kg}{m^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.546 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,481.22 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.546 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 41.705$$



**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.546 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,477.31 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.546 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 41.859$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.546 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,474.18 \frac{kg}{m^3} \right|}{\left( 2.546 * 998 \frac{kg}{m^3} \right)} = 41.982$$

**PROCEDENCIA: LA HULERA**

✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(10.240 \text{ kg} - 0.595 \text{ kg})}{0.00639 \text{ m}^3} = 1,509.39 \frac{kg}{m^3}$$



**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(10.150 \text{ kg} - 0.595 \text{ kg})}{0.00639 \text{ m}^3} = 1,495.31 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(10.295 \text{ kg} - 0.595 \text{ kg})}{0.00639 \text{ m}^3} = 1,517.99 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.468 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,509.39 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{2.468 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 38.719$$

**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.468 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,495.31 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{2.468 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 39.290$$



**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.468 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,517.99 \frac{kg}{m^3} \right|}{2.468 * 998 \frac{kg}{m^3}} = 38.369$$

**PROCEDENCIA: EL ÁNGEL**

✓ Densidad bruta

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

G = masa del agregado más recipiente, lb (Kg.)

T = masa del recipiente, lb (Kg.)

V = volumen del recipiente, pie<sup>3</sup> (m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$M = \frac{(9.782kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,437.71 \frac{kg}{m^3}$$

**MUESTRA N°: 2**

$$M = \frac{(9.805kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,441.31 \frac{kg}{m^3}$$



**MUESTRA N°: 3**

$$M = \frac{(9.805kg - 0.595kg)}{0.00639 m^3} = 1,441,31 \frac{kg}{m^3}$$

✓ Contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{|(S * W) - M|}{(S * W)}$$

Dónde:

M = densidad bruta del agregado, lb/ pie<sup>3</sup> (Kg./m<sup>3</sup>)

S = gravedad específica bruta (base seca) determinada de acuerdo con el Método de Ensayo C 127 ó C 128

W = densidad del agua, 62.3 lb/pie<sup>3</sup> (998 Kg./m<sup>3</sup>)

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.507 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,437.71 \frac{kg}{m^3} \right|}{2.507 * 998 \frac{kg}{m^3}} = 42.537$$

**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de vacios} = 100 * \frac{\left| \left( 2.507 * 998 \frac{kg}{m^3} \right) - 1,441.31 \frac{kg}{m^3} \right|}{2.507 * 998 \frac{kg}{m^3}} = 42.393$$



### MUESTRA N°: 3

$$\% \text{ de vacíos} = 100 * \frac{\left| \left( 2.507 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) - 1,441,31 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right|}{2.507 * 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 49.393$$

#### 4.4 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.

ASTM Designación: C 136

##### Breve descripción de la norma

- Se realizó el ensayo primeramente con el muestreo para luego su reducción a la muestra a tomar de acuerdo a las especificaciones que lo establecen (ASTM D 75 y ASTM C 702).
- Para el agregado fino se preparó la muestra de acuerdo a la norma y se obtuvo una muestra de 500 gr ya que pasó como mínimo el 85% a través del tamiz n° 4 y se retuvo más del 5% en el tamiz n° 8, se ordenaron los tamices en orden descendente desde la malla 3/8" hasta la n° 100, se colocó la muestra en la malla superior y luego agitó utilizando el rop-tat durante 15 minutos. Para luego pesar el material retenido en cada malla y tabular los datos.



- Para el agregado grueso se tomó una cantidad de 2000 gr de acuerdo al tamaño del agregado. El tamizado se hizo manual; malla por malla, en orden decreciente de abertura. Y finalmente se pesó la cantidad retenida en cada malla, y se tabularon los datos.

### ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO

#### PROCEDENCIA: PRO BLOCK

MUESTRA N°: 1

Peso inicial: 500 gr

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	8.0	1.6	1.6	98.4
No 4	4.75 mm	26.0	5.2	6.8	93.2
No 8	2.36 mm	50.0	10	16.8	83.2
No 16	1.18 mm	76.0	15.2	32	68
No 30	0.60 mm	92.0	18.4	50.4	49.6
No 50	0.30 mm	90.0	18	68.4	31.6
No 100	0.15 mm	88.0	17.6	86	14
Fondo		70.0	14	100	0
Total		500.0			

MODULO DE FINIRA = **2.60**



**MUESTRA N°: 2**

Peso inicial: **500 gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	5.0	1	1	99
No 4	4.75 mm	23.0	4.6	5.6	94.4
No 8	2.36 mm	47.0	9.4	15	85
No 16	1.18 mm	70.0	14	29	71
No 30	0.60 mm	96.0	19.2	48.2	51.8
No 50	0.30 mm	94.0	18.8	67	33
No 100	0.15 mm	91.0	18.2	85.2	14.8
Fondo		74.0	14.8	100	0
Total		500.0			

MODULO DE FINIRA = **2.50**

**MUESTRA N°: 3**

Peso inicial: **500 gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	9.0	1.8	1.8	98.2
No 4	4.75 mm	25.0	5	6.8	93.2
No 8	2.36 mm	50.0	10	16.8	83.2
No 16	1.18 mm	71.0	14.2	31	69
No 30	0.60 mm	93.0	18.6	49.6	50.4
No 50	0.30 mm	98.0	19.6	69.2	30.8
No 100	0.15 mm	85.0	17	86.2	13.8
Fondo		69.0	13.8	100	0
Total		500.0			

MODULO DE FINIRA = **2.60**





**PROCEDENCIA: LA HULERA**

**MUESTRA N°: 1**

Peso inicial: **500 gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	0.0	0	0	100
No 4	4.75 mm	28.0	5.6	5.6	94.4
No 8	2.36 mm	120.0	24	29.6	70.4
No 16	1.18 mm	106.0	21.2	50.8	49.2
No 30	0.60 mm	72.0	14.4	65.2	34.8
No 50	0.30 mm	50.0	10	75.2	24.8
No 100	0.15 mm	38.0	7.6	82.8	17.2
Fondo		86.0	17.2	100	0
Total		500.0			

MODULO DE FINURA = **3.09**

**MUESTRA N°: 2**

Peso inicial: **500 gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (G)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	0.0	0	0	100
No 4	4.75 mm	26.0	5.2	5.2	94.8
No 8	2.36 mm	129.0	25.8	31	69
No 16	1.18 mm	105.0	21	52	48
No 30	0.60 mm	69.0	13.8	65.8	34.2
No 50	0.30 mm	52.0	10.4	76.2	23.8
No 100	0.15 mm	45.0	9	85.2	14.8
Fondo		74.0	14.8	100	0
Total		500.0			

MODULO DE FINURA = **3.15**



**MUESTRA N°: 3**

Peso inicial: **500 gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	0.0	0	0	100
No 4	4.75 mm	27.0	5.4	5.4	94.6
No 8	2.36 mm	132.0	26.4	31.8	68.2
No 16	1.18 mm	103.0	20.6	52.4	47.6
No 30	0.60 mm	73.0	14.6	67	33
No 50	0.30 mm	49.0	9.8	76.8	23.2
No 100	0.15 mm	37.0	7.4	84.2	15.8
Fondo		79.0	15.8	100	0
Total		500.0			

MODULO DE FINURA = **3.18**

**PROCEDENCIA: EL ANGEL**

**MUESTRA N°: 1**

Peso inicial: **500 gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	0.0	0	0	100
No 4	4.75 mm	6.0	1.2	1.2	98.8
No 8	2.36 mm	96.0	19.2	20.4	79.6
No 16	1.18 mm	148.0	29.6	50	50
No 30	0.60 mm	140.0	28	78	22
No 50	0.30 mm	36.0	7.2	85.2	14.8
No 100	0.15 mm	42.0	8.4	93.6	6.4
Fondo		32.0	6.4	100	0
Total		500.0			

MODULO DE FINURA = **3.28**



**MUESTRA N°: 2**

Peso inicial: **500 gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	0.0	0	0	100
No 4	4.75 mm	2.4	0.48	0.48	99.52
No 8	2.36 mm	77.4	15.48	15.96	84.04
No 16	1.18 mm	131.7	26.34	42.3	57.7
No 30	0.60 mm	122.9	24.58	66.88	33.12
No 50	0.30 mm	88.7	17.74	84.62	15.38
No 100	0.15 mm	54.9	10.98	95.6	4.4
Fondo		22.0	4.4	100	0
Total		500.0			

MODULO DE FINURA = **3.06**

**MUESTRA N°: 3**

Peso inicial: **500 gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	0.0	0	0	100
No 4	4.75 mm	6.0	1.2	1.2	98.8
No 8	2.36 mm	106.0	21.2	22.4	77.6
No 16	1.18 mm	158.0	31.6	54	46
No 30	0.60 mm	160.0	32	86	14
No 50	0.30 mm	6.0	1.2	87.2	12.8
No 100	0.15 mm	32.0	6.4	93.6	6.4
Fondo		32.0	6.4	100	0
Total		500.0			

MODULO DE FINURA = **3.44**



**ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO**

**PROCEDENCIA: PRO BLOCK**

**MUESTRA N°: 1**

Peso inicial: **2000gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0	0	100
1"	25	15.0	0.75	0.75	99.25
3/4"	19	735.0	36.75	37.5	62.5
1/2"	12.5	1105.0	55.25	92.75	7.25
3/8"	9.5	145.0	7.25	100	0
No 4	4.75	0.0	0	100	0
Total		2000.0			

**MUESTRA N°: 2**

Peso inicial: **2000gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0	0	100
1"	25	17.0	0.85	0.85	99.15
3/4"	19	733.0	36.65	37.5	62.5
1/2"	12.5	1100.0	55	92.5	7.5
3/8"	9.5	150.0	7.5	100	0
No 4	4.75	0.0	0	100	0
Total		2000.0			



**MUESTRA N°: 3**

Peso inicial: **2000gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0	0	100
1"	25	16.0	0.8	0.8	99.2
3/4"	19	740.0	37	37.8	62.2
1/2"	12.5	1099.0	54.95	92.75	7.25
3/8"	9.5	145.0	7.25	100	0
No 4	4.75	0.0	0	100	0
Total		2000.0			

**PROCEDENCIA: LA HULERA**

**MUESTRA N°: 1**

Peso inicial: **2000gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0	0	100
1"	25	0.0	0	0	100
3/4"	19	275.0	13.75	13.75	86.25
1/2"	12.5	1165.0	58.25	72	28
3/8"	9.5	375.0	18.75	90.75	9.25
No 4	4.75	185.0	9.25	100	0
Total		2000.0			



**MUESTRA N°: 2**

Peso inicial: **2000gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0	0	100
1"	25	0.0	0	0	100
3/4"	19	275.0	13.75	13.75	86.25
1/2"	12.5	1167.0	58.35	72.1	27.9
3/8"	9.5	374.0	18.7	90.8	9.2
No 4	4.75	184.0	9.2	100	0
Total		2000.0			

**MUESTRA N°: 3**

Peso inicial: **2000gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0	0	100
1"	25	0.0	0	0	100
3/4"	19	274.0	13.7	13.7	86.3
1/2"	12.5	1165.0	58.25	71.95	28.05
3/8"	9.5	378.0	18.9	90.85	9.15
No 4	4.75	183.0	9.15	100	0
Total		2000.0			



**PROCEDENCIA: EL ANGEL**

**MUESTRA N°: 1**

Peso inicial: **2000gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0	0	100
1"	25	0.0	0	0	100
3/4"	19	630.0	31.5	31.5	68.5
1/2"	12.5	780.0	39	70.5	29.5
3/8"	9.5	230.0	11.5	82	18
No 4	4.75	360.0	18	100	0
Total		2000.0			

**MUESTRA N°: 2**

Peso inicial: **2000gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0	0	100
1"	25	0.0	0	0	100
3/4"	19	633.0	31.65	31.65	68.35
1/2"	12.5	776.0	38.8	70.45	29.55
3/8"	9.5	227.0	11.35	81.8	18.2
No 4	4.75	364.0	18.2	100	0
Total		2000.0			



**MUESTRA N°: 3**

Peso inicial: **2000gr**

MALLAS ESTÁNDAR	DIÁMETRO (MM)	PESO RETENIDO (GR)	% RETENIDO		% ACUMULADO QUE PASA
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0	0	100
1"	25	0.0	0	0	100
3/4"	19	630.0	31.5	31.5	68.5
1/2"	12.5	781.0	39.05	70.55	29.45
3/8"	9.5	228.0	11.4	81.95	18.05
No 4	4.75	361.0	18.05	100	0
Total		2000.0			

**4.5 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA SANIDAD DE LOS AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO**

**ASTM Designación: C 88 – 01**

**Breve descripción de la norma**

- La muestra se obtuvo de acuerdo con la práctica D 75 y la reducción de tamaño de la porción de ensayo de conformidad con la Práctica C 702.





- Preparación de agregado fino y grueso: se lavó la muestra del agregado para luego secarla a peso constante, se efectuó el tamizado al igual que la granulometría y se alcanzó la muestra de 100 gr en cada uno de los tamaños indicados para el agregado fino, y para el agregado grueso se obtuvo 1000 gr.
- Preparada la solución se sumergieron las muestras se dejó por espacio de 16 horas en la solución se pesó y se secó a peso constante, para luego sumergir las muestras repitiendo el procedimiento, cinco ciclos y en el último ciclo se lavaron bien las muestras hasta quitarles cualquier residuo de sulfato de sodio, para luego pesar las muestra y calcular sus respectivas perdidas, y se presentan a continuación:

**PROCEDENCIA: PRO-BLOCK**

**MUESTRA N°: 1**

*Agregado Fino*

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	35.6	100	96.5	3.50	1.25
No. 30 a No. 50	18.4	100	92.7	7.30	1.34
No. 16 a No. 30	15.2	100	94.3	5.70	0.87
No. 8 a No. 16	10	100	88.3	11.70	1.17
No. 4 a No, 8	5.2	100	85.8	14.20	0.74
3/8 “ a No. 4					
Totales	84.4	500	457.6		5.36



*Agregado Grueso*

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de pérdida
2 1/2" a 2"						
2 " a 1 1/2"	2 1/2 a 1 1/2"					
1 1/2" a 1"						
1" a 3/4"	1 1/2 a 3/4"					
3/4 a 1/2"						
1/2" a 3/8"	3/4 a 3/8"	55.25	670	606.1	9.54	5.27
3/8 " a No. 4		7.25	330	321.2	2.67	0.19
Totales		62.5	1000	927.3		5.46

**MUESTRA N°: 2**

*Agregado Fino*

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de pérdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	37	100	96.9	3.10	1.15
No. 30 a No. 50	19.2	100	94.7	5.30	1.02
No. 16 a No. 30	14	100	95.7	4.30	0.60
No. 8 a No. 16	9.4	100	90.4	9.60	0.90
No. 4 a No, 8	4.6	100	89.6	10.40	0.48
3/8 " a No. 4					
Totales	84.2	500	467.3		4.15



*Agregado Grueso*

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo (gr)	Porcentaje de perdida
2 ½” a 2”						
2 “ a 1 ½”	2 ½ a 1 ½“					
1 ½” a 1”						
1” a ¾”	1 ½ a ¾“					
¾ a ½”						
½” a 3/8”	¾ a 3/8“	55	670	610.4	8.90	4.89
3/8 “ a No. 4		7.5	330	313.1	5.12	0.38
Totales		62.5	1000	923.5		5.28

**MUESTRA N°: 3**

*Agregado Fino*

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	36.6	100	97.7	2.30	0.84
No. 30 a No. 50	18.6	100	94.5	5.50	1.02
No. 16 a No. 30	14.2	100	95.4	4.60	0.65
No. 8 a No. 16	10	100	89.9	10.10	1.01
No. 4 a No, 8	5	100	88.6	11.40	0.57
3/8 “ a No. 4					
Totales	84.4	500	466.1		4.10



*Agregado Grueso*

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo (gr)	Porcentaje de perdida
2 ½” a 2”						
2 “ a 1 ½”	2 ½ a 1 ½“					
1 ½” a 1”						
1” a ¾”	1 ½ a ¾“					
¾ a ½”						
½” a 3/8”	¾ a 3/8“	54.95	670	607.7	9.30	5.11
3/8 “ a No. 4		7.25	330	316.6	4.06	0.29
Totales		62.2	1000	924.3		5.40

**PROCEDENCIA LA HULERA**

**MUESTRA N°: 1**

*Agregado Fino*

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	17.6	100	94.6	5.40	0.95
No. 30 a No. 50	14.4	100	90	10.00	1.44
No. 16 a No. 30	21.2	100	95.9	4.10	0.87
No. 8 a No. 16	24	100	92.9	7.10	1.70
No. 4 a No. 8	5.6	100	88.8	11.20	0.63
3/8 “ a No. 4					
Totales	82.8	500	462.2		5.59



*Agregado Grueso*

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo (gr)	Porcentaje de perdida
2 ½” a 2”						
2 “ a 1 ½”	2 ½ a 1 ½“					
1 ½” a 1”						
1” a ¾”	1 ½ a ¾“					
¾ a ½”						
½” a 3/8”	¾ a 3/8“	77	670	670	0.00	0.00
3/8 “ a No. 4		9.25	330	313.1	5.12	0.47
Totales		86.25	1000	983.1		0.47

**MUESTRA N°: 2**

*Agregado Fino*

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	19.4	100	94.8	5.20	1.01
No. 30 a No. 50	13.8	100	91.5	8.50	1.17
No. 16 a No. 30	21	100	96.7	3.30	0.69
No. 8 a No. 16	25.8	100	93.7	6.30	1.63
No. 4 a No, 8	5.2	100	90.2	9.80	0.51
3/8 “ a No. 4					
Totales	85.2	500	466.9		5.01



*Agregado Grueso*

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo(gr)	Porcentaje de perdida
2 ½” a 2”						
2 “ a 1 ½”	2 ½ a 1 ½“					
1 ½” a 1”						
1” a ¾”	1 ½ a ¾“					
¾ a ½”						
½” a 3/8”	¾ a 3/8“	77.05	670	669.1	0.13	0.10
3/8 “ a No. 4		9.2	330	325.3	1.42	0.13
Totales		86.25	1000	994.4		0.23

**MUESTRA N°: 3**

*Agregado Fino*

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	17.2	100	95.70	4.30	0.74
No. 30 a No. 50	14.6	100	92.80	7.20	1.05
No. 16 a No. 30	20.6	100	97.30	2.70	0.56
No. 8 a No. 16	26.4	100	94.50	5.50	1.45
No. 4 a No, 8	5.4	100	89.90	10.10	0.55
3/8 “ a No. 4					
Totales	84.2	500	470.2		4.34



*Agregado Grueso*

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo (gr)	Porcentaje de perdida
2 ½" a 2"						
2 " a 1 ½"	2 ½ a 1 ½"					
1 ½" a 1"						
1" a ¾"	1 ½ a ¾"					
¾ a ½"						
½" a 3/8"	¾ a 3/8"	77.15	670	669.9	0.01	0.01
3/8 " a No. 4		9.15	330	315.8	4.30	0.39
Totales		86.3	1000	985.7		0.41

**PROCEDENCIA: EL ÁNGEL**

**MUESTRA N°: 1**

*Agregado Fino*

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	15.6	100	81.8	18.20	2.84
No. 30 a No. 50	28	100	83.7	16.30	4.56
No. 16 a No. 30	29.6	100	86.8	13.20	3.91
No. 8 a No. 16	19.2	100	78.1	21.90	4.20
No. 4 a No, 8	1.2	100	28.6	71.40	0.86
3/8 " a No. 4					
Totales	93.6	500	359		16.37



*Agregado Grueso*

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo (gr)	Porcentaje de perdida
2 1/2" a 2"						
2 " a 1 1/2"	2 1/2 a 1 1/2"					
1 1/2" a 1"						
1" a 3/4"	1 1/2 a 3/4"					
3/4 a 1/2"						
1/2" a 3/8"	3/4 a 3/8"	50.5	670	571.1	14.76	7.45
3/8 " a No. 4		18	330	310.9	5.79	1.04
Totales		68.5	1000	882		8.50

**MUESTRA N°: 2**

*Agregado Fino*

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	28.72	100	88.2	11.800	3.39
No. 30 a No. 50	24.58	100	86.5	13.500	3.32
No. 16 a No. 30	26.34	100	88.4	11.600	3.06
No. 8 a No. 16	15.48	100	79.9	20.100	3.11
No. 4 a No. 8	0.48	100	29.8	70.200	0.34
3/8 " a No. 4					
Totales	95.6	500	372.8		13.21





*Agregado Grueso*

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo (gr)	Porcentaje de pérdida
2 1/2" a 2"						
2 " a 1 1/2"	2 1/2 a 1 1/2"					
1 1/2" a 1"						
1" a 3/4"	1 1/2 a 3/4"					
3/4 a 1/2"						
1/2" a 3/8"	3/4 a 3/8"	50.15	670	628.5	6.19	3.11
3/8 " a No. 4		18.2	330	309.3	6.27	1.14
Totales		68.35	1000	937.8		4.25

**MUESTRA N°: 3**

*Agregado Fino*

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de pérdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	7.6	100	86.00	14.00	1.06
No. 30 a No. 50	32	100	86.70	13.30	4.26
No. 16 a No. 30	31.6	100	88.40	11.60	3.67
No. 8 a No. 16	21.2	100	79.60	20.40	4.32
No. 4 a No, 8	1.2	100	30.80	69.20	0.83
3/8 " a No. 4					
Totales	93.6	500	371.5		14.14



### *Agregado Grueso*

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo (gr)	Porcentaje de pérdida
2 1/2" a 2"						
2 " a 1 1/2"	2 1/2 a 1 1/2"					
1 1/2" a 1"						
1" a 3/4"	1 1/2 a 3/4"					
3/4 a 1/2"						
1/2" a 3/8"	3/4 a 3/8"	50.45	670	583.9	12.85	6.48
3/8 " a No. 4		18.05	330	311.4	5.64	1.02
Totales		68.5	1000	895.3		7.50

#### **4.6 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO PEQUEÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.**

##### **ASTM C131**

##### **Breve descripción de la norma:**

- Se obtuvo la muestra de campo de conformidad con la Practica D75, y se redujo al tamaño adecuado de muestra con la Practica C702.
- Lavada la muestra se secó a masa constante, separándola en fracciones de tamaño individual, de acuerdo a la graduación especificada, correspondiendo al rango de tamaño del agregado se registró la masa de la muestra previa.



- Se coloca la carga en la máquina Los Ángeles y la muestra previa, se hizo rotar la máquina a una velocidad de 30 a 33 r/min para 500 revoluciones. Después del número prescrito de revoluciones, se descargó el material de la máquina y se pasó por el tamiz N°10, para determinar la masa de pérdida. Y los cálculos son los siguientes:

**Datos:**

$M_{inicial}$  = masa inicial (masa antes del ensayo)

$M_{final}$  = masa final (masa después del ensayo)

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{m_{inicial} - m_{final}}{m_{inicial}} * 100$$

**PROCEDENCIA: PRO-BLOCK**

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{5000 \text{ kg} - 3944 \text{ kg}}{5000 \text{ kg}} * 100 = 21.12$$

**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{5000 \text{ kg} - 3939 \text{ kg}}{5000 \text{ kg}} * 100 = 21.22$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de pérdida} = \frac{5000 \text{ kg} - 3951 \text{ kg}}{5000 \text{ kg}} * 100 = 20.98$$



**PROCEDENCIA: HULERA**

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de perdida} = \frac{5000 \text{ kg} - 3830 \text{ kg}}{5000 \text{ kg}} * 100 = 23.40$$

**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de perdida} = \frac{5000 \text{ kg} - 3822 \text{ kg}}{5000 \text{ kg}} * 100 = 23.56$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de perdida} = \frac{5000 \text{ kg} - 3855 \text{ kg}}{5000 \text{ kg}} * 100 = 22.90$$

**PROCEDENCIA: EL ANGEL**

**MUESTRA N°: 1**

$$\% \text{ de perdida} = \frac{5000 \text{ kg} - 4405 \text{ kg}}{5000 \text{ kg}} * 100 = 11.90$$

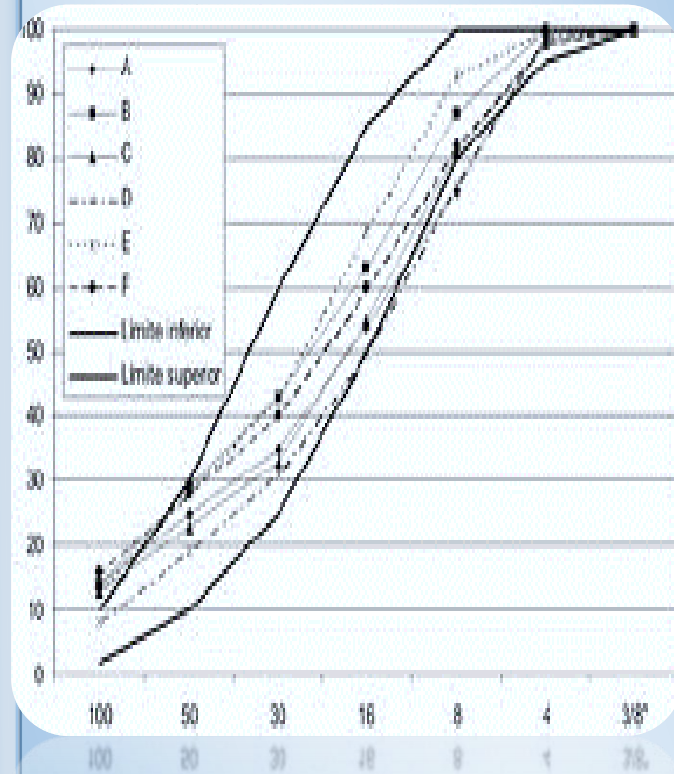
**MUESTRA N°: 2**

$$\% \text{ de perdida} = \frac{5000 \text{ kg} - 4425 \text{ kg}}{5000 \text{ kg}} * 100 = 11.50$$

**MUESTRA N°: 3**

$$\% \text{ de perdida} = \frac{5000 \text{ kg} - 4397 \text{ kg}}{5000 \text{ kg}} * 100 = 12.06$$

# CAPITULO V



**PRESENTACIÓN  
DE  
RESULTADOS**



## CAPITULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En la presente sección se realizó un resumen de las tres muestras evaluadas por cada cantera para cada una de las normas ASTM presentadas. Se procedió a promediar las tres muestras ensayadas. Dicho promedio es el valor tomado como final para cada ensayo para ser comparado con rangos que se han tomado como guía, estos rangos son del manual de Tecnología de Concreto desarrollado por el Instituto Tecnológico de Chalatenango ITCHA-FEPADE.

Por cada norma estandarizada se encuentra su cuadro resumen; al final de estos se presentan las aplicaciones de los agregados según sus características físicas y evaluadas en este trabajo de investigación.

### 5.1 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

#### ASTM C 127

Tabla XIII. Resultados de la norma ASTM C-127 Pro-Block

<b><u>PROCEDENCIA: PRO-BLOCK</u></b>				
# de muestra	OD	SSS	SA aparente	Absorción
Muestra#1	2.610	2.652	2.724	1.600
Muestra#2	2.542	2.594	2.683	2.070
Muestra#3	2.487	2.548	2.649	2.460
<b>PROMEDIO</b>	2.546	2.598	2.685	2.043



**Tabla XIV. Resultado de la norma ASTM -127 La Hulera**

<b><u>PROCEDENCIA: LA HULERA</u></b>				
# de muestra	OD	SSS	SA aparente	Absorción
Muestra#1	2.501	2.539	2.599	1.51
Muestra#2	2.462	2.505	2.571	1.72
Muestra#3	2.442	2.492	2.569	2.03
<b>PROMEDIO</b>	2.468	2.512	2.579	1.753

**Tabla XV. Resultado de la norma ASTM C-127 El Ángel**

<b><u>PROCEDENCIA: EL ANGEL</u></b>				
# de muestra	OD	SSS	SA aparente	Absorción
Muestra#1	2.573	2.613	2.681	1.56
Muestra#2	2.500	2.549	2.630	1.99
Muestra#3	2.448	2.504	2.592	2.25
<b>PROMEDIO</b>	2.507	2.555	2.634	1.933

**5.2 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD, DENSIDAD  
RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA), Y ABSORCIÓN DE AGREGADO  
FINO**

**ASTM C 128**



**Tabla XVI. Cuadros resumen de resultados de la norma ASTM C-128 para las  
canteras evaluadas**

<b><u>PROCEDENCIA: PRO-BLOCK</u></b>				
# de muestra	OD	SSS	SH aparente	Absorción
Muestra#1	2.456	2.564	2.753	4.384
Muestra#2	2.697	2.809	3.04	4.166
Muestra#3	2.449	2.525	2.651	3.093
<b>PROMEDIO</b>	2.534	2.633	2.814	3.881
<b><u>PROCEDENCIA: LA HULERA</u></b>				
# de muestra	OD	SSS	SH aparente	Absorción
Muestra#1	2.726	2.857	3.138	4.82
Muestra#2	2.395	2.500	2.676	4.384
Muestra#3	2.357	2.513	2.792	6.609
<b>PROMEDIO</b>	2.493	2.623	2.868	5.271

<b><u>PROCEDENCIA: EL ANGEL</u></b>				
# de muestra	OD	SSS	SH aparente	Absorción
Muestra#1	2.229	2.381	2.629	6.837
Muestra#2	2.312	2.392	2.572	3.950
Muestra#3	2.180	2.380	2.559	9.170
<b>PROMEDIO</b>	2.240	2.380	2.587	6.652





### 5.3 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DENSIDAD BRUTA (PESO UNITARIO) Y VACÍOS EN LOS AGREGADOS.

#### ASTM C 29

**Tabla XVII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Densidad Bruta Método Varillado para Agregado Fino**

Canteras	Densidad bruta (método varillado kg/m <sup>3</sup> )			PROMEDIO
	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	
Pro-block	1,678.082	1,707.44	1,711.024	1,698.848
Hulera	1,905.08	1,906.39	1,912.92	1,908.130
El Ángel	1,475.86	1,470.97	1,488.91	1,478.580

**Tabla XVIII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Densidad Bruta Método Suelto para Agregado Fino**

Canteras	Densidad bruta (método suelto kg/m <sup>3</sup> )			PROMEDIO
	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	
Pro-block	1,678.08	1,688.52	1,710.70	1,692.43
Hulera	1,815.07	1,798.76	1,805.94	1,806.59
El Ángel	1,426.94	1,409.33	1,415.53	1,417.27



**Tabla XIX. Cuadro Resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Densidad Bruta  
Método Varillado para Agregado Grueso**

Canteras	Densidad bruta (método varillado kg/m <sup>3</sup> )			PROMEDIO
	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	
Pro-block	1,489.83	1,515.65	1,500.78	1,502.09
Hulera	1,575.90	1,565.73	1,583.72	1,575.12
El Ángel	1,472.61	1,488.26	1,493.74	1,484.87

**Tabla XX. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Densidad Bruta  
Método Suelto para Agregado Grueso**

Canteras	Densidad bruta (método suelto kg/m <sup>3</sup> )			PROMEDIO
	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	
Pro-block	1,481.22	1,477.31	1,474.18	1,477.57
Hulera	1,509.39	1,495.31	1,517.99	1,507.56
El Ángel	1,477.71	1,441.31	1,441.31	1453.373

**Tabla XXI. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Porcentaje de  
Vacíos, Método Varillado para Agregado Fino**

Canteras	Porcentaje de vacíos (método varillado kg/m <sup>3</sup> )			PROMEDIO
	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	
Pro-block	35.920	34.799	34.663	35.127
Hulera	23.429	23.377	23.144	23.317
El Ángel	33.981	34.200	33.398	33.859



**Tabla XXII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Porcentaje de Vacíos, Método Suelto para Agregado Fino**

Canteras	Porcentaje de vacíos (método suelto kg/m <sup>3</sup> )			PROMEDIO
	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	
Pro-block	35.920	35.522	34.675	35.372
Hulera	27.047	27.703	27.414	27.388
El Ángel	36.169	36.957	36.680	36.602

**Tabla XXIII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Porcentaje de Vacíos, Método Varillado para Agregado Grueso**

Canteras	Porcentaje de vacíos (método varillado kg/m <sup>3</sup> )			PROMEDIO
	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	
Pro-block	41.366	40.350	40.935	40.883
Hulera	36.018	36.432	34.699	35.716
El Ángel	41.142	40.520	40.298	40.743

**Tabla XXIV. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-29, Porcentaje de Vacíos, Método Suelto para Agregado Grueso**

Canteras	Porcentaje de vacíos (método suelto kg/m <sup>3</sup> )			PROMEDIO
	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3	
Pro-block	41.705	41.859	41.982	41.849
Hulera	38.719	39.290	38.369	38.793
El Ángel	42.537	42.393	49.393	44.774



## 5.4 MÉTODO ESTÁNDAR DE LA PRUEBA PARA ANÁLISIS DE TAMIZ DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.

ASTM C 136

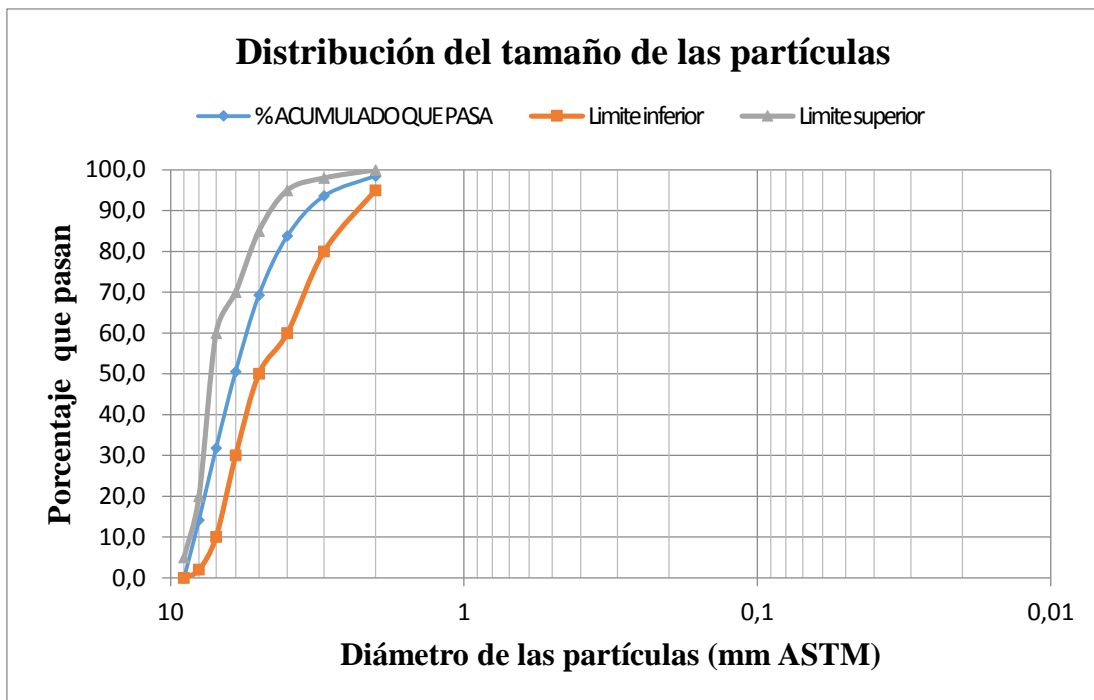
**PROCEDENCIA: PRO-BLOCK**

Peso inicial: **500gr**

**Tabla XXV. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, Pro-Block para  
Agregado Fino**

Mallas Estándar	Diámetro	Peso Retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	7.3	1.5	1.5	98.5
No 4	4.75 mm	24.7	4.9	6.4	93.6
No 8	2.36 mm	49.0	9.8	16.2	83.8
No 16	1.18 mm	72.3	14.5	30.7	69.3
No 30	0.60 mm	93.7	18.7	49.4	50.6
No 50	0.30 mm	94.0	18.8	68.2	31.8
No 100	0.15 mm	88.0	17.6	85.8	14.2
Fondo		71.0	14.2	100.0	0.0
Total		500.0			

MODULO DE FINURA=2.57



**Ilustración 144. Granulometría Pro-Block, Agregado Fino**

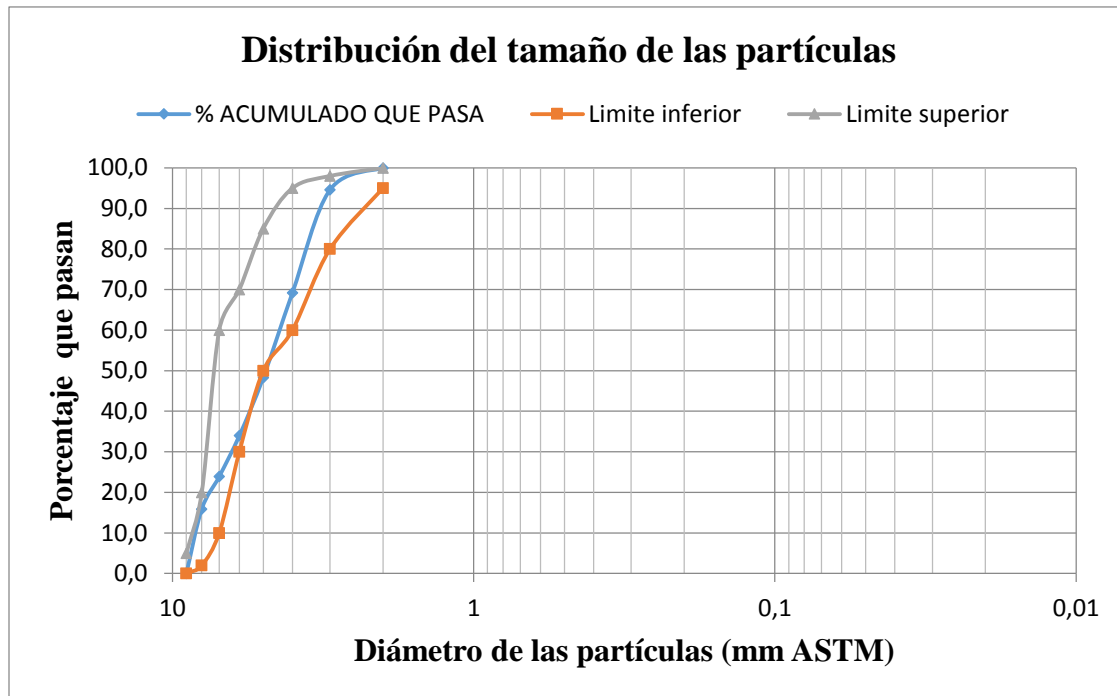
**PROCEDENCIA: LA HULERA**

Peso inicial: **500gr**

**Tabla XXVI. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, La Hulera para Agregado Fino**

Mallas Estándar	Diámetro	Peso Retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	0.0	0.0	0.0	100.0
No 4	4.75 mm	27.0	5.4	5.4	94.6
No 8	2.36 mm	127.0	25.4	30.8	69.2
No 16	1.18 mm	104.7	20.9	51.7	48.3
No 30	0.60 mm	71.3	14.3	66.0	34.0
No 50	0.30 mm	50.3	10.1	76.1	23.9
No 100	0.15 mm	40.0	8.0	84.1	15.9
Fondo		79.7	15.9	100.0	0.0
Total		500.0			

MODULO DE FINURA= **3.14**



**Ilustración 155. Granulometría La Hulera, Agregado Fino**

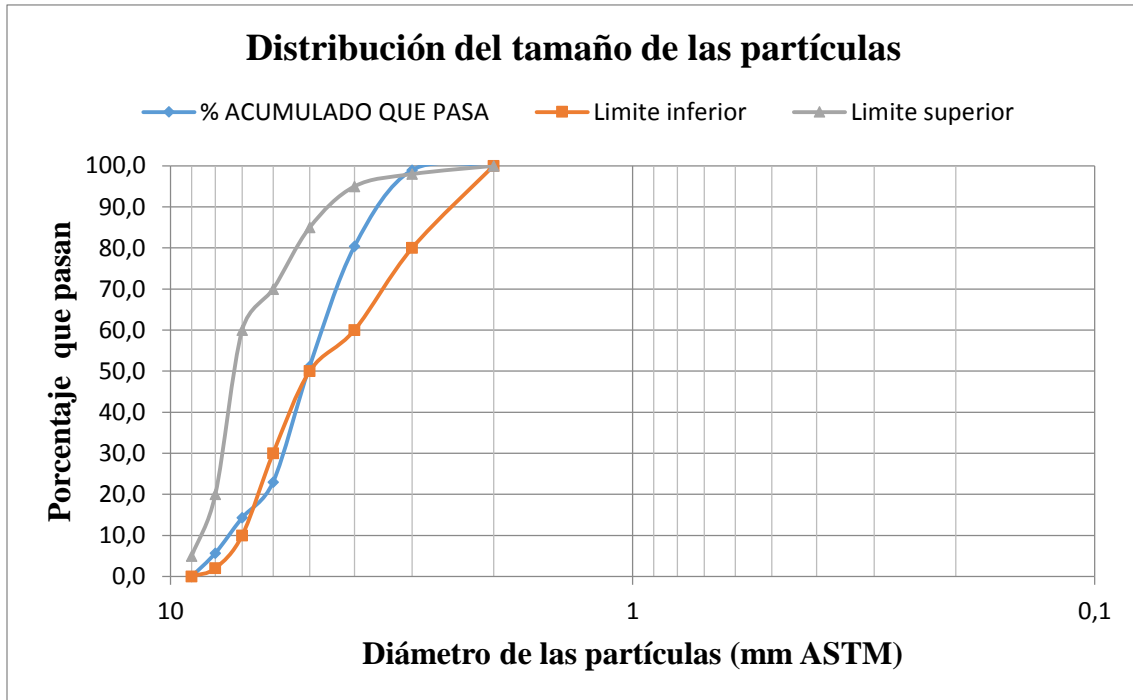
**PROCEDENCIA: EL ÁNGEL**

Peso inicial: **500gr**

**Tabla XXVII. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, El Ángel para Agregado Fino**

Mallas Estándar	Diámetro	Peso Retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
3/8"	9.5 mm	0.0	0.0	0.0	100.0
No 4	4.75 mm	4.8	1.0	1.0	99.0
No 8	2.36 mm	93.1	18.6	19.6	80.4
No 16	1.18 mm	145.9	29.2	48.8	51.2
No 30	0.60 mm	141.0	28.2	77.0	23.0
No 50	0.30 mm	43.6	8.7	85.7	14.3
No 100	0.15 mm	43.0	8.6	94.3	5.7
Fondo		28.7	5.7	100.0	0.0
Total		500.0			

MODULO DE FINURA= **3.26**



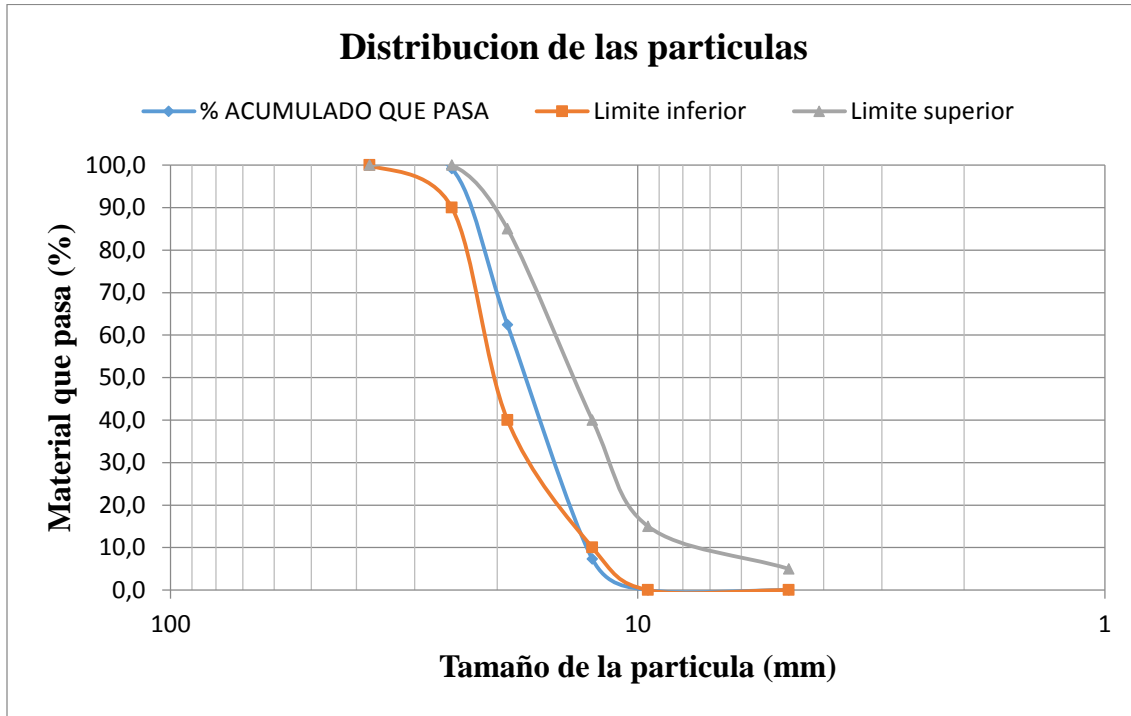
**Ilustración 166. Granulometría El Ángel, Agregado**

**PROCEDENCIA: PRO BLOCK**

Peso inicial: **2000gr**

**Tabla XXVIII. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, Pro-Block para Agregado Grueso**

Mallas Estándar	Diámetro	Peso Retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25	16.0	0.8	0.8	99.2
3/4"	19	736.0	36.8	37.6	62.4
1/2"	12.5	1101.3	55.1	92.7	7.3
3/8"	9.5	146.7	7.3	100.0	0.0
No 4	4.75	0.0	0.0	100.0	0
Total		2000.0			



**Ilustración 177. Granulometría Pro-Block, Agregado Grueso**

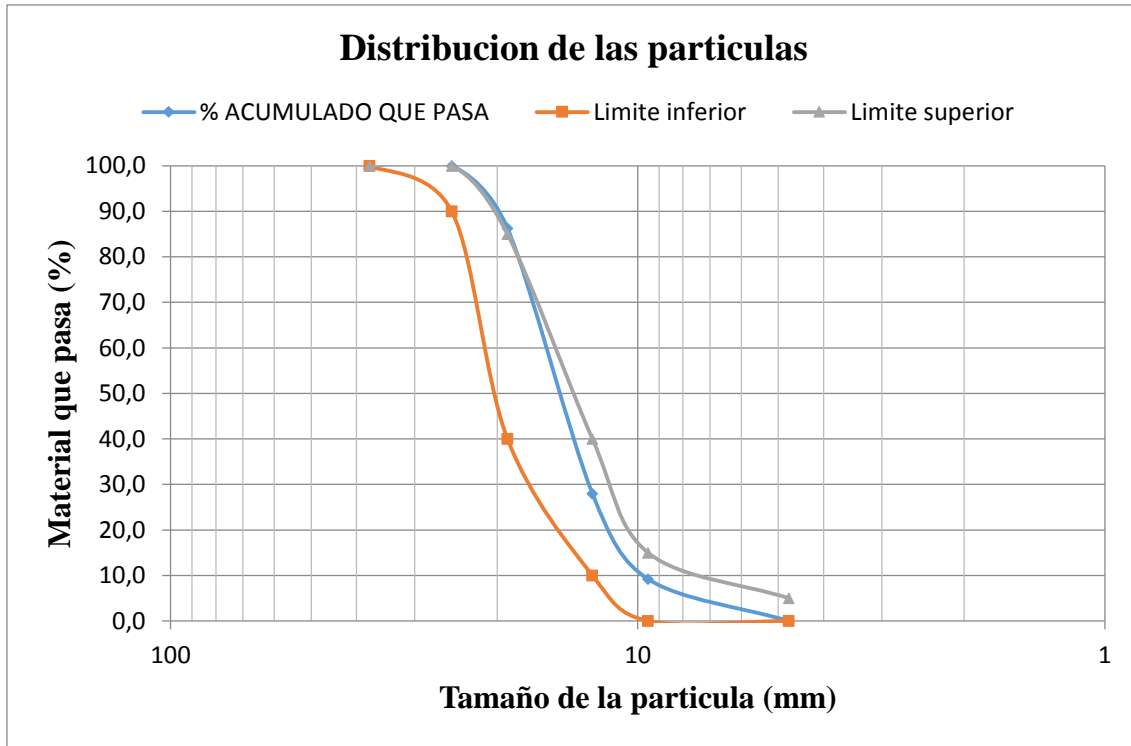
**PROCEDENCIA: LA HULERA**

Peso inicial: **2000gr**

**Tabla XXIX. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, La Hulera para Agregado Grueso**

Mallas Estándar	Diámetro	Peso Retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	274.7	13.7	13.7	86.3
1/2"	12.5	1165.7	58.3	72.0	28.0
3/8"	9.5	375.7	18.8	90.8	9.2
No 4	4.75	184.0	9.2	100.0	0
Total		2000.0			





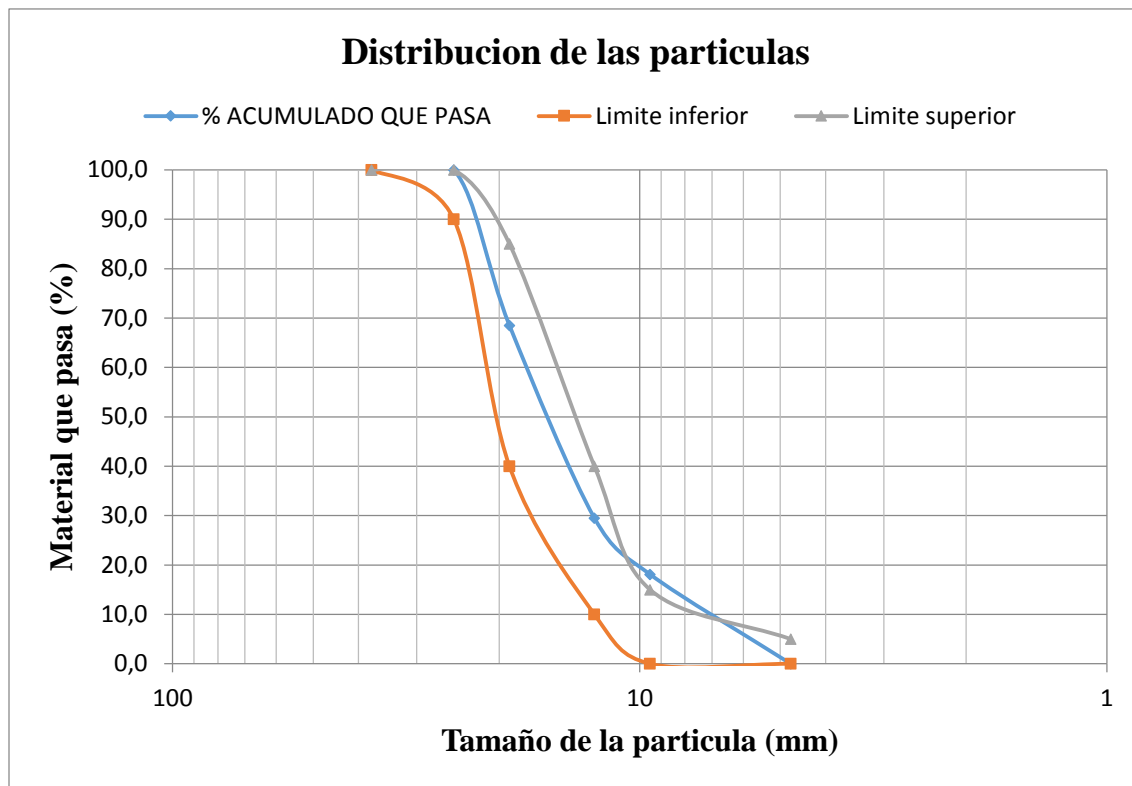
**Ilustración 188. Granulometría La Hulera, Agregado Grueso**

**PROCEDENCIA: EL ANGEL**

Peso inicial: **2000gr**

**Tabla XXX. Resultados promediados de la norma ASTM C-136, El Ángel para Agregado Grueso**

Mallas Estándar	Diámetro	Peso Retenido (g)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	37.5	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19	631.0	31.6	31.6	68.5
1/2"	12.5	779.0	39.0	70.5	29.5
3/8"	5	228.3	11.4	81.9	18.1
No 4	4.75	361.7	18.1	100.0	0
Total		2000.0			



**Ilustración 199. Granulometría El Ángel, Agregado Grueso**



## 5.5 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA SANIDAD DE LOS AGREGADOS MEDIANTE EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO

ASTM C 88

### PROCEDENCIA: PRO-BLOCK

**Tabla XXXI. Cuadro resumen de resultados promediados de norma ASTM C-88 de Pro-Block. Agregado Fino**

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	36.4	100	97.0	2.97	1.08
No. 30 a No. 50	18.7	100	94.0	6.03	1.13
No. 16 a No. 30	14.5	100	95.1	4.87	0.71
No. 8 a No. 16	9.8	100	89.5	10.47	1.03
No. 4 a No, 8	4.9	100	88.0	12.00	0.59
3/8 “ a No. 4					
Totales	84.3	500	463.67		4.53



**Tabla XXXII. Cuadro resumen de resultados promediados de norma ASTM C-88 de Pro-Block, Agregado Grueso**

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo (gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo (gr)	Porcentaje de perdida
2 ½" a 2"						
2 " a 1 ½"	2 ½ a 1 ½"					
1 ½" a 1"						
1" a ¾"	1 ½ a ¾"					
¾ a ½"						
½" a 3/8"	¾ a 3/8"	55.1	670	608.07	9.24	5.09
3/8 " a No. 4		7.3	330	316.97	3.95	0.29
Totales		62.4	1000	925.03		5.38

**PROCEDENCIA: LA HULERA**

**Tabla XXXIII. Cuadro resumen de resultados promediados de la norma ASTM C-88 de La Hulera, Agregado Fino**

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	18.1	100	95.0	4.97	0.90
No. 30 a No. 50	14.3	100	91.4	8.57	1.23
No. 16 a No. 30	20.9	100	96.6	3.37	0.70
No. 8 a No. 16	25.4	100	93.7	6.30	1.60
No. 4 a No, 8	5.4	100	89.6	10.37	0.56
3/8 " a No. 4					
Totales	84.1	500	466.43		4.99



**Tabla XXXIV. Cuadro resumen de resultados promediados de la norma ASTM C-88 de La Hulera, Agregado Grueso**

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo(gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo(gr)	Porcentaje de perdida
2 ½” a 2”						
2 “ a 1 ½”	2 ½ a 1 ½ “					
1 ½” a 1”						
1” a ¾”	1 ½ a ¾ “					
¾ a ½”						
½” a 3/8”	¾ a 3/8 “	77.1	670	669.67	0.05	0.04
3/8 “ a No. 4		9.2	330	318.07	3.62	0.33
Totales		86.3	1000	987.73		0.37

**PROCEDENCIA: EL ÁNGEL**

**Tabla XXXV. Cuadro resumen de resultados promediados de la norma ASTM C-88 de El Ángel, Agregado Fino**

Tamaño de Malla	Graduación de la muestra original (%)	Peso de Fracciones, antes de ensayo, gr.	Peso de Fracciones, después del ensayo, gr.	Porcentaje que pasa la malla designada después del ensayo	Porcentaje de perdida pesados
Menos que No 100					
No. 50 a No. 100	17.3	100	85.3	14.67	2.54
No. 30 a No. 50	28.2	100	85.6	14.37	4.05
No. 16 a No. 30	29.2	100	87.9	12.13	3.54
No. 8 a No. 16	18.6	100	79.2	20.80	3.87
No. 4 a No, 8	1	100	29.7	70.27	0.70
3/8 “ a No. 4					
Totales	94.3	500	367.77		14.70



**Tabla XXXVI. Cuadro resumen de resultados promediados ASTM C-88 de El Ángel, Agregado Grueso**

Tamaño de Malla	Grupos	Graduación de la muestra original	Peso de Fracciones, antes de ensayo (gr)	Peso de Fracciones después del ensayo(gr)	Porcentaje pasa la malla designada después del ensayo(gr)	Porcentaje de perdida
2 ½” a 2”						
2 “ a 1 ½”	2 ½ a 1 ½“					
1 ½” a 1”						
1” a ¾”	1 ½ a ¾“					
¾ a ½”						
½” a 3/8”	¾ a 3/8“	50.4	670	594.50	11.27	5.68
3/8 “ a No. 4		18.1	330	310.53	5.90	1.07
Totales		68.5	1000	905.03		6.75

**5.6 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO PEQUEÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.**

**ASTM C131**

**Tabla XXXVII. Cuadro resumen de resultados de la norma ASTM C-131 para las canteras evaluadas**

<b>PORCENTAJE DE PERDIDA DE MATERIAL</b>				
<b>Cantera</b>	<b>Muestra #1</b>	<b>Muestra #2</b>	<b>Muestra #3</b>	<b>Promedio</b>
PRO-BLOCK	21.12	21.22	20.98	21.11
HULERA	23.40	23.56	22.90	23.29
EL ANGEL	11.90	11.50	12.06	11.82



## **5.7 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y SU FACTIBLE APLICACIÓN.**

En esta sección se hace una interpretación o análisis para los datos obtenidos en cada uno de los ensayos realizados con la utilización de las normas ASTM C-127, ASTM C-128, ASTM C-29, ASTM C-136, ASTM C-88 y ASTM C-131, para cada uno de los materiales; tanto agregado grueso como agregado fino, de las canteras seleccionadas y poder llegar así a concluir si dichos materiales cumplen las características necesarias para su utilización como agregado para concreto.

Para llegar a concluir de una manera efectiva y certera se tomara en cuenta toda la información que se tenga disponible, tales como los ensayos realizados como parte del proceso para este trabajo de investigación, así como otros realizados en nuestro país, los cuales se tomaran como referencia.

Los ensayos que comprenden la determinación de las propiedades físicas que se realizaron para el agregado grueso y fino fueron: peso específico, peso unitario, porcentaje de vacíos, porcentaje de absorción, granulometría, y sanidad. Para las propiedades mecánicas se utilizó el ensayo de abrasión en la máquina de Los Ángeles, al agregado grueso.



### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO FINO

ENSAYO	PRO-BLOCK	LA HULERA	EL ANGEL
Densidad (ASTM C-128)	2.534	2.493	2.240
Absorción (ASTM C-128)	3.881	5.271	6.652
Densidad Bruta (Método Varillado kg/m <sup>3</sup> ) (ASTM C-29)	1,698.848	1,908.130	1,478.580
Densidad Bruta (Método Suelto kg/m <sup>3</sup> ) (ASTM C-29)	1,692.43	1,806.59	1,417.27
Porcentaje de vacíos (método varillado) (ASTM C-29)	35.127	23.317	33.859
Porcentaje de vacíos (método suelto) (ASTM C-29)	35.372	27.388	36.602
Módulo de finura (ASTM C-136)	2.57	3.14	3.26
Porcentaje de pérdida (ASTM C-88)	4.53	4.99	14.70
Granulometría (ASTM C-136)	Cumple	Se recomienda	Se recomienda

El análisis de los resultados están basados en las normas estandarizadas y bajo los rangos especificados en el Manual de Tecnología del Concreto del Instituto Tecnológico de Chalatenango, MEGATEC- ITCHA- AGAPE. Estos fueron tomados como guías de comparación en la presente investigación debido a que este manual posee rangos de valores de resultados aplicados a las obras civiles en nuestro país.





- En la densidad o peso específico, la cantera El Ángel NO CUMPLE, mientras que las canteras Pro-Block y La Hulera SI CUMPLEN, ya que están dentro del rango 2.4 a 2.9, por lo que se consideran agregados de peso normal, y su peso específico se usa para el cálculo en el diseño de mezclas, y para conocer el volumen de los agregados en la mezcla de concreto.
- En absorción, ningún agregado de las canteras cumple los niveles de absorción todos sobrepasan los rangos que van de 0.2 a 2%, lo que muestra, una noción de la cantidad de agua que es capaz de alojar el agregado en su interior, es decir que los poros de la superficie de las partículas absorberán de la mezcla, el agua suficiente para saturarse, y esta agua absorbida no estará incluida en el agua efectiva de mezclado.
- Densidad Bruta (Método Varillado y Suelto), Porcentaje de vacíos (método varillado y suelto) son características propias de cada material, las cuales deben mantenerse constantes en los bancos de los mismos materiales, porque los valores dependen, del tamaño, distribución, la forma y la textura de cada partícula; así como el método de extracción y trituración del agregado.
- Módulo de finura. La cantera Pro-Block CUMPLE y cuenta con arena media fina, La Hulera y El Ángel están dentro del rango pero cuentan con arena gruesa, lo que hace necesario el empleo de un agente inclusor de aire, para que las partículas neumáticas incluidas puedan actuar compensando la falta de partículas finas en la arena. Este dato en la práctica resulta útil, ya que se usa en el método de diseño de mezclas de concreto.



- Sanidad. Las canteras Pro-Block y La Hulera CUMPLEN, pero la cantera El Ángel no cumple ya que excede las pérdidas del 10%.
- La granulometría del agregado fino de la cantera Pro-Block se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma, por lo tanto cumple con las especificaciones. Mientras que las canteras La Hulera y El Ángel ciertos porcentajes se salen del rango definido, pero SI SE RECOMIENDAN para utilizarlos como agregados, ya que la granulometría más conveniente para el agregado fino, depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y del tamaño máximo del agregado grueso lo que la define.

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO	PRO-BLOCK	LA HULERA	EL ANGEL
Densidad (ASTM C-127)	2.546	2.468	2.507
Absorción (ASTM C-127)	2.043	1.753	1.933
Densidad Bruta (Método Varillado kg/m <sup>3</sup> ) (ASTM C-29)	1,502.09	1,575.12	1,484.87
Densidad Bruta (Método Suelto kg/m <sup>3</sup> ) (ASTM C-29)	1,477.57	1,507.56	1,453.44
Porcentaje de vacíos (método varillado) (ASTM C-29)	40.883	35.716	40.743
Porcentaje de vacíos (método suelto) (ASTM C-29)	41.849	38.793	44.774
Porcentaje de pérdida (ASTM C-88)	5.38	0.37	6.75
Granulometría (ASTM C-136)	Se recomiendan	Se recomiendan	Se recomiendan



El análisis de los resultados están basados en las normas estandarizadas y bajo los rangos especificados en el Manual de Tecnología del Concreto del Instituto Tecnológico de Chalatenango, MEGATEC- ITCHA- AGAPE.

- Densidad o peso específico, las canteras Pro-Block , La Hulera y El Ángel CUMPLEN, con el rango de 2.4 a 2.9, considerándose agregados de peso normal, y su peso específico se usa para el cálculo en el diseño de mezclas, y conocer el volumen de los agregados en la mezcla.
- El agregado grueso tiene niveles de absorción de 0.2 al 4%, por lo tanto cada agregado de las canteras CUMPLEN, ya que están dentro del rango establecido, lo que refleja que cada material pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla.
- Densidad Bruta (Método Varillado y Suelto), Porcentaje de vacíos (método varillado y suelto) son características propias de cada material, las cuales deben mantenerse constantes en los bancos de los mismos materiales, lo cual depende, del tamaño, la granulometría, la forma y la textura de cada agregado.
- Sanidad. después de cinco ciclos de exposición de cada agregado grueso en sulfato CUMPLEN, ya que las pérdidas no exceden de 12%.
- La granulometría de los agregados gruesos de las canteras Pro-Block, La Hulera y El Ángel cumplen ciertos rangos definidos por la norma, indicando agregados con tamaños definidos por sus propias características, por ende el tamaño máximo del agregado a ser empleado, depende generalmente del tamaño y forma del elemento



de concreto y de la cantidad y distribución del acero de refuerzo, por lo que SI SE RECOMIENDA

### CARACTERÍSTICAS MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO

ENSAYO	PRO-BLOCK	LA HULERA	EL ANGEL
Abrasión (ASTM C-131)	21.11	23.29	11.82

Al realizar el ensayo en la máquina los Ángeles, se obtuvo un desgaste menor del 11.82 por ciento para la cantera El Ángel y un desgaste de 23.29 y 21.11 por ciento para las canteras La Hulera y Pro-Block, mostrando que el material de cada cantera CUMPLE con lo que establece la norma que no debe ser mayor al 50%, por lo tanto están dentro de lo exigido, y dando como resultado un material con mucha dureza y tenacidad muy apto para concreto estructural.

En general:

- ❖ Con una inspección visual manual de los áridos ensayados se afirma que:

Las partículas con procedencia de Pro-Block poseen una forma redondeada, con textura semi-rugosa que asegura una buena adhesión con la pasta de cemento y agua. Estas partículas también poseen una superficie sucia, con gran cantidad de polvo



Las partículas con procedencia de La Hulera poseen una forma angulosa que es requerida para reducir el porcentaje de vacíos entre la pasta de cemento-agua y agregados, con textura muy rugosa que asegura una buena adhesión con la pasta.

Las partículas con procedencia de El Ángel poseen una forma semi-angulosa, con textura muy lisa que limita una buena adhesión con la pasta de cemento y agua.

- ❖ El concreto que resulta de usar el tipo de cemento de *uso general*, el cemento de *uso industrial* y cemento para *prefabricados* tendrá mejores condiciones de servicio al utilizar los agregados provenientes de las siguientes canteras evaluadas: ***Con las condiciones de vacíos en los agregados para concreto tenemos los siguientes datos:***

Los materiales provenientes de La Hulera poseen menos cantidades de vacíos en agregados gruesos como en finos. Luego en el orden de calidad continúan Los agregados de Pro-block con menos vacíos en finos, mientras que el grueso proveniente de El Ángel, posee menos vacíos, que el material grueso de Pro-block.

***Con las condiciones de absorción en los agregados para concreto tenemos los siguientes datos:***

El material extraído de la cantera Pro-block tiene menor porcentaje de absorción en sus agregados finos como en los gruesos. Bajo estos están los materiales de La Hulera y por último material proveniente de El Ángel con una cantidad mayor de absorción. Siendo esta característica no bien requerida en las pastas de concreto y asfalto.



***Con los resultados de las densidades tenemos los siguientes comportamientos de los agregados evaluados:***

Con respecto a los agregados finos a los cuales se les realizó el ensayo correspondiente a esta característica; se obtuvieron las siguientes observaciones: Pro-block posee una mayor densidad en sus materiales finos y gruesos en estado completamente seco (OD), luego en orden ascendente de este valor se encuentran los materiales de La Hulera y por último los agregados extraídos de la cantera El Ángel, con una densidad mucho menor a las dos canteras anteriores. El material fino de Pro-Block es la mejor opción para ser utilizado en los diseños de mezclas por pesos.

Con la grava la mayor densidad en estado completamente seco (OD) el material con mejores características es proveniente de El Ángel, luego continua material grueso de Pro-block y para finalizar se tiene el material de La Hulera que posee menos densidad en estado completamente seco (OD). Siendo el material proveniente de El Ángel el que posee mejores características en un diseño por pesos de una mezcla de concreto o de asfalto.

- ❖ Para el mortero que resulta de usar el tipo de cemento para ***albañilería*** los materiales que mejores características poseen para ser usados se presentan en el orden siguiente:

En estos casos en que el agregado utilizado en la pasta es únicamente el agregado fino, el agregado de Pro-block es el que posee mejores características, luego continua el material fino de La Hulera y por ultimo material proveniente de El Ángel. Esta



afirmación se realiza por los resultados obtenidos de sus módulos de finura, con lo cual podemos decir que: Pro-block posee arena medio fina, La Hulera arena media gruesa y El Ángel según su graduación es arena gruesa. Según sea el caso del uso que se le dará al mortero que se produce, así será la graduación de la arena que se utilizara; en casos que sea utilizado para afinado de paredes la utilización de una arena muy fina es requerida; mientras que la arena requerida para ser usada para la construcción de una acera su graduación puede aceptar diferente grados de finura. Por lo tanto se afirma que los agregados finos extraídos de las Canteras de Pro-Block y La Hulera son más comúnmente usados para diferentes usos mientras los agregados finos de El Ángel por ser arena graduado como muy gruesa no tendrá tan variada gama de usos.

*Con respecto a las densidades y porcentaje de vacíos se cumple con los mismos rangos anteriores, para los diferentes tipos de cementos mencionados anteriormente.*

- ❖ Los materiales que mejor características presentan según las normas ASTM para ser usados en pavimentos y estabilidad de bases, se presentan en el orden siguiente:

Según las características presentes en el ensayo de desgaste por sulfato de sodio podemos afirmar que:

Los materiales tanto finos como gruesos provenientes de La Hulera, poseen una mayor resistencia al desgaste después de haber sido sometidos a una serie de ciclos de sumersión con sulfato y secado a altas temperaturas. Luego en orden ascendente de este valor tenemos los materiales de Pro-block que están dentro del rango permitido por la norma



ASTM que rige este ensayo y sus valores están muy cerca con los de La Hulera. Mientras que los materiales con procedencia de la cantera El Ángel, finos y gruesos están fuera de los límites que rigen el desgaste a sulfato, con un valor de más del doble del límite permitido. Este ensayo demuestra el comportamiento de estos áridos en una ambiente de intemperismo donde serán atacados por las fuerzas de la naturaleza, ejemplo de ellos dentro de carpetas de asfalto.

***Con respecto al desgaste por abrasión mecánica a los agregados gruesos evaluados, se afirma lo siguiente:***

Con un desgaste mínimo en las partículas gruesas, el material extraído de El Ángel, posee una alta resistencia al desgaste por fricción. Mientras que en orden ascendente de este valor se encuentra el material proveniente de La Hulera. En último lugar y con mayor grado de desgaste en sus partículas se encuentra el material de Pro-Block, con un valor muy semejante al desgaste obtenido en el árido grueso de La Hulera.

Con todo lo anterior se debe considerar que:

- según el uso del mortero, concreto o asfalto.
- según la ubicación de la estructura a construir
- según las condiciones ambientales a las que estarán sujetos los agregados antes, durante y después de su colado.

El material de La Hulera, corresponde a cumplir con mayor eficacia los rangos establecidos en las normas tomadas como guías para poder conocer la calidad de los





agregados. El material extraído de Pro-block cumple muy bien con los rangos antes mencionados. Los agregados de El Ángel, con su porcentaje de absorción y densidad es el material al que se le debe de realizar una inspección preliminar antes de poder ser usado en una obra en específica.

Todos los agregados ensayados pueden ser utilizados en: elaboración de mezclas de concreto estructural en zapatas, soleras de fundación, columnas, vigas, entrepisos, nervios, mezclas para mortero, suelo cemento convencional y suelo cemento fluido (la arena fina de Pro-Block está en las mejores condiciones de serviciabilidad), mezclas para morteros, estructuras con altas resistencias que serán sometidas a grandes cargas (El agregado de El Ángel posee enorme resistencia al impacto), compactación de suelo cemento y bases granulares, bloques, postes, tubos, adoquines, ladrillos, tejas, pilas, losetas, celosías, obras en zonas costeras (la grava de la Hulera con la arena de Pro-Block posee alta resistencia a los sulfatos), también puede ser usado en pozos para agua, drenajes industriales, túneles, retención de diques, pisos industriales y estructuras de concreto expuestas a ambientes agresivos.



**RESUMEN DE AGREGADO FINO**

<b>ENSAYO</b>	<b>PRO-BLOCK</b>	<b>LA HULERA</b>	<b>EL ANGEL</b>	<b>APLICACION</b>
<i>Densidad</i> (ASTM C-128)	2.534	2.493	2.240	Proporcionamiento de mezclas de mortero, concreto o asfalto, para cualquier uso.
<i>Absorción</i> (ASTM C-128)	3.881	5.271	6.652	Proporcionamiento de mezclas de mortero, concreto o asfalto, para cualquier uso.
<i>Densidad Bruta</i> (Método Varillado <i>kg/m<sup>3</sup></i> ) (ASTM C-29)	1,698.848	1,908.130	1,478.580	Entre mayor densidad, concretos de mayor peso y resistencia, ideal para usos estructurales como colados monolíticos, losas de entrepisos, pavimentos.
<i>Densidad Bruta</i> (Método Suelto <i>kg/m<sup>3</sup></i> ) (ASTM C-29)	1,692.43	1,806.59	1,417.27	Entre mayor densidad, concretos de mayor peso y resistencia, ideal para usos estructurales como colados monolíticos, losas de entrepisos, pavimentos.
<i>Porcentaje de vacíos</i> (método varillado) (ASTM C-29)	35.127	23.317	33.859	Entre sus usos está el proporcionamiento de morteros, concretos, asfaltos. Entre mayor contenido de vacíos se requerirá mayor pasta para cubrir los agregados. Esto resultara altas resistencias ya sea cualquier uso que se le dará.
<i>Porcentaje de vacíos</i> (método suelto) (ASTM C-29)	35.372	27.388	36.602	Entre sus usos está el proporcionamiento de morteros, concretos, asfaltos. Entre mayor contenido de vacíos se requerirá mayor pasta para cubrir los agregados. Esto resultara altas resistencias ya sea cualquier uso que se le dará.
<i>Módulo de finura</i> (ASTM C-136)	2.57	3.14	3.26	Mientras más finura, adecuada para morteros de afinado de paredes, mezclas que deben ser trabajables. Granos de arena más grueso para mezclas a



				usarse en losas, repellos, columnas, vigas, etc.
<i>Porcentaje de perdida (ASTM C-88)</i>	4.53	4.99	14.70	Estructuras expuestas a la acción del medio ambiente como construcciones cerca del ataque de sales marinas, pavimentos, concreto estructural en general.
<i>Granulometría (ASTM C-136)</i>	Cumple	Se recomienda	Se recomienda	Según su tamaño de grano, puede ser usado para concreto de diferentes resistencias, así como concretos fluidos.



### RESUMEN DE AGREGADO GRUESO

ENSAYO	PRO-BLOCK	LA HULERA	EL ANGEL	APLICACION
<i>Densidad (ASTM C-127)</i>	2.546	2.468	2.507	Proporcionamiento de mezclas de mortero, concreto o asfalto, para cualquier uso.
<i>Absorción (ASTM C-127)</i>	2.043	1.753	1.933	Proporcionamiento de mezclas de mortero, concreto o asfalto, para cualquier uso.
<i>Densidad Bruta (Método Varillado kg/m<sup>3</sup>) (ASTM C-29)</i>	1,502.09	1,575.12	1,484.87	Entre mayor densidad, concretos de mayor peso y resistencia, ideal para usos estructurales como colados monolíticos, losas de entrepisos, pavimentos.
<i>Densidad Bruta (Método Suelto kg/m<sup>3</sup>) (ASTM C-29)</i>	1,477.57	1,507.56	1,453.44	Entre mayor densidad, concretos de mayor peso y resistencia, ideal para usos estructurales como colados monolíticos, losas de entrepisos, pavimentos.
<i>Porcentaje de vacíos (método varillado) (ASTM C-29)</i>	40.883	35.716	40.743	Entre sus usos está el proporcionamiento de morteros, concretos, asfaltos. Entre mayor contenido de vacíos se requerirá mayor pasta para cubrir los agregados. Esto resultara altas resistencias ya sea cualquier uso que se le dará.



<i>Porcentaje de vacíos (método suelto) (ASTM C-29)</i>	41.849	38.793	44.774	Entre sus usos está el proporcionamiento de morteros, concretos, asfaltos. Entre mayor contenido de vacíos se requerirá mayor pasta para cubrir los agregados. Esto resultara altas resistencias ya sea cualquier uso que se le dará.
<i>Porcentaje de perdida (ASTM C-88)</i>	5.38	0.37	6.75	Estructuras expuestas a la acción del medio ambiente como construcciones cerca del ataque de sales marinas, pavimentos, concreto estructural en general.
<i>Granulometría (ASTM C-136)</i>	Se recomiendan	Se recomiendan	Se recomiendan	Según su tamaño de grano, puede ser usado para concreto de diferentes resistencias, así como concretos fluidos.
<i>Abrasión (ASTM C-131)</i>	21.11	23.29	11.82	Carpetas asfálticas (frías o calientes), parqueos, pistas de aterrizaje, pavimentos de concreto.

## CAPITULO VI



**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**



## CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Todos los ensayos realizados a los agregados de cada cantera indican que son aptos y/o recomendados para la elaboración de concreto, siempre y cuando sean utilizados en proporciones adecuadas y en las condiciones favorables según las características de cada obra.

Existen diferentes factores relacionados entre sí que determinaran la calidad del concreto obtenido a través del desarrollo y proporcionamiento de la mezcla de concreto, así como el funcionamiento y servicialidad de éste. Con las pruebas desarrolladas a lo largo de la presente investigación y los resultados obtenidos con cada una de las características que fueron evaluadas del material pétreo fino y grueso, se pudo constatar que las canteras evaluadas poseen características similares en algunos aspectos y en otros difieren considerablemente (como es el caso de los resultados obtenidos en la prueba de abrasión mecánica donde El Ángel demostró una resistencia superior a los materiales gruesos de Pro-Block y La Hulera). Esto indica que en condiciones controladas y con el fin de elaborar un concreto con características específicas y utilizando los materiales tanto finos como gruesos estudiados; se puede obtener un resultado similar con respecto a características tales como densidades debido a que los datos obtenidos oscilan en rangos muy parecidos entre sí; mientras que en otros aspectos pueden dar resultados con mucha discrepantes entre ellos. Todo lo anterior es un ejemplo



sobre el papel fundamental que desarrollan los agregados dentro de una pasta de concreto; lo que nos indica que como cualquier profesional del área de la construcción, empresas dedicadas a la explotación de materiales, o cualquier persona interesada en conocer más sobre el tema estudiado; que se debe prestar el suficiente interés y atención sobre las pruebas pertinentes (como es el caso de la actual investigación) a realizarse a todos los componentes que conforman el elemento estructural construido con concreto.

- En el ensayo de sanidad al agregado fino, la cantera El Ángel no cumple con el rango pero esto no prueba que tal agregado no se pueda utilizar; ya que la norma indica datos preliminares por lo que se necesita la confirmación de otras pruebas relacionadas con el servicio específico que se le pretenda dar al agregado, y al calificarlo no es suficientemente confiable ya que el porcentaje de masa perdido depende de la sal que se utiliza en el ensayo. En otras palabras lo anterior da referencia a la importancia de la prueba sobre sanidad de los agregados, pero al mismo tiempo indica que los resultados no deben tomarse como un parámetro estricto el cual establece sin excepción alguna que esos datos son representativos e indudablemente ciertos, ya que como se menciona existen factores como el porcentaje de sal utilizado o el tipo de esta; que pueden causar una variación que si es verdad es en pequeña escala, no se debe de pasar desapercibida y se le debe de tomar la importancia que amerita; obteniendo así la consideración de tomar





como una representación los resultados obtenidos sobre el comportamiento de los agregados finos y gruesos y desarrollar otras pruebas que darán como resultado una visión más global sobre los materiales.

Al tomar en cuenta los resultados de todas las pruebas realizadas sumadas con la de sanidad, se obtendrá un panorama más confiable, seguro y objetivo de las características de cada agregado pétreo estudiado.



## RECOMENDACIONES

- Al llevar a cabo ensayos normados, se debe tener en cuenta los equipos a utilizar que establece cada norma. Muchos de los aparatos y equipos no se encuentran con facilidad en nuestro medio. por lo tanto buscar soluciones que satisfagan las exigencias estandarizadas es como mucho complicado. Se recomienda que al encontrarse ante esta situación exponerlo ante un profesional con experiencia en el desarrollo de ensayos de laboratorios, sus recomendaciones y guías sobre qué hacer, dará como resultado un ensayo confiable aunque se hayan utilizado parte de técnicas o equipo empírico para realizarla.
- Cada obra civil debe normar la utilización de los materiales (no solo de agregados) estableciendo como mínimo el conocimiento previo de las características de estos para poder garantizar la construcción. Esto dependerá de diversos factores como: qué obra se construirá, donde se construirá, que tipo de pasta cementante se utilizara, el presupuesto del que depende la obra, tipo de clima existente (tanto a la hora de la mezcla, la colocación y fraguado de esta). Es por ello que no se debe descartar nunca un material sin antes evaluarlo adecuadamente, mediante ensayos de laboratorio previamente seleccionados.



- Constantemente se debe programar el análisis, chequeo y mantenimiento de las plantas donde se procesan los agregados manufacturados, así como los controles industriales de las plantas trituradoras, para que las gradaciones de los materiales sean satisfactorias, así como también su porcentaje de humedad, la limpieza de estos. Esto debido a que una variación en el proceso de extracción o manufacturación podría dar como por ejemplo un cambio en el resultado de gradación de material pétreo, y ya que este es un factor que es considerado muy importante dentro del diseño de mezclas de concreto (sin importar que método de diseño se utilice: volumétrico o de peso) es un factor a hacer considerado. Para evitar así categorizar como bueno o malo un material específico.



## BIBLIOGRAFÍA

- ✘ Análisis de los bancos de material en el departamento de san miguel, para la construcción de base en estructuras de pavimento. (2003). Universidad De Oriente, Facultad De Ingeniería Y Arquitectura. San Miguel, El Salvador. Flora Matilde Barahona González. Suleyma Marisol Benítez Gómez, Fernando Mauricio Calderón Manzano  
[http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/007860/007860\\_Port.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/007860/007860_Port.pdf)
  
- ✘ Aplicación del método Marshall y granulometría Superpave en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño. (2012) Universidad De El Salvador, Facultad De Ingeniería Y Arquitectura, Escuela De Ingeniería Civil. San Salvador, El Salvador. Rafael Alexander Crespín Molina, Ismael Ernesto Santa Cruz Jovel y Pablo Alberto Torres Linares,  
[http://ri.ues.edu.sv/1796/1/TESIS\\_FULL\\_CORR.pdf](http://ri.ues.edu.sv/1796/1/TESIS_FULL_CORR.pdf)
  
- ✘ Caracterización de los procesos de explotación de materiales pétreos en minas a cielo abierto en El Salvador (2004) Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, Departamento de Ingeniería Y Arquitectura. San Miguel, El Salvador. Ávila Cruz, Douglas Alberto; López Alfaro, Luis Omar; Rodríguez Rivas, Claudia Beatriz.



<http://168.243.33.153/infolib/tesis/50104572.pdf>

- ✘ Diseño de mezclas asfálticas densas en frio basado en el método Marshall modificado de la Universidad de Illinois. (2010). Universidad De El Salvador, Facultad Multidisciplinaria De Occidente, Departamento De Ingeniería Y Arquitectura. Guevara Palma, Marlon Rodolfo, Méndez Delgado, Hosni Amir y Pimentel Gómez, Juan Carlos.

<http://ri.ues.edu.sv/801/1/10136235.pdf>

- ✘ Determinación De La Sanidad De Los Agregados Por Medio De Sulfato De Sodio O Sulfato De Magnesio, Primera Parte. (2010). El concreto en la obra problemas, causas y soluciones. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

<http://www.imcyc.com/revistacyt/pdfs/problemas33.pdf>

- ✘ Determinación De La Sanidad De Los Agregados Por Medio De Sulfato De Sodio O Sulfato De Magnesio, Segunda parte. (2010). El concreto en la obra problemas, causas y soluciones. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.

<http://www.imcyc.com/revistacyt/pdfs/problemas34.pdf>

- ✘ Estudio de la calidad de los agregados para concreto en las canteras más importantes de El Salvador. (1998). Universidad De El Salvador, Facultad De



Ingeniería Y Arquitectura, Escuela De Ingeniería Civil. San Salvador, El Salvador.

Portillo Vásquez, José Inés Sorto Gómez, Arístides, Méndez Raymundo,

- ✘ Evaluación de la calidad de los bancos de materiales más utilizados en la zona oriental para la conformación de bases o sub-bases en carreteras aplicando el método de CBR. Universidad Gerardo Barrios. El Salvador. Ing. Daysi del Carmen Acosta Orellana; Ing. Julio Cesar Argueta Alvarado.  
<http://www.ugb.edu.sv/resumenes-de-investigaciones-sm/economia-sm/itemlist/user/283-liliana.html?start=24>
  
- ✘ Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango. (2004) Universidad De San Carlos De Guatemala. Raúl Armando Salguero Girón.  
[biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2434\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2434_C.pdf)
  
- ✘ Influencia de la arena triturada, como agregado fino, en las propiedades en estado fresco y endurecido, de mezclas de concreto hidráulico. (2012). Universidad De El Salvador, Facultad De Ingeniería Y Arquitectura, Escuela De Ingeniería Civil. San Salvador, El Salvador. Jorge Alberto Rugamas Dinarte.



[http://ri.ues.edu.sv/2230/1/Influencia\\_de\\_la\\_arena\\_triturada,\\_como\\_agregado\\_fino,\\_en\\_las\\_propiedades\\_en\\_estado\\_fresco\\_y\\_endurecido,\\_de\\_mezclas\\_de\\_concreto\\_hidr%C3%A1ulico.pdf](http://ri.ues.edu.sv/2230/1/Influencia_de_la_arena_triturada,_como_agregado_fino,_en_las_propiedades_en_estado_fresco_y_endurecido,_de_mezclas_de_concreto_hidr%C3%A1ulico.pdf)

- ✘ Manual De Tecnología Del Concreto. (2011). Instituto Tecnológico de Chalatenango Megatec- Itcha- Ágape. El Salvador.

[www.youblisher.com/p/393369-Please-Add-a-Title/](http://www.youblisher.com/p/393369-Please-Add-a-Title/)

- ✘ Manual De Prácticas De Laboratorio De Concreto. Colombia. Ing. Abraham Polanco Rodríguez.

[http://www.fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL\\_LAB\\_DE\\_CONCRETO.pdf](http://www.fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LAB_DE_CONCRETO.pdf)

# ANEXOS



ANEXO A. Manual de Determinación de la Sanidad (Imcyc) Parte I



## 33 DETERMINACIÓN DE LA SANIDAD

# Determinación de la sanidad de los agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Primera parte

**E**n este resumen se presenta la Norma Mexicana NMX C-075-ONNCCE-2006. Agregados- Determinación de la sanidad por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Usted puede usarlo para familiarizarse con los procedimientos básicos de la Norma. Sin embargo, este resumen no tiene la intención de reemplazar los estudios completos que usted haga de la Norma. Cabe decir que esta Norma mexicana establece el método de prueba para la determinación de la sanidad de los agregados por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.



**Sanidad de los agregados:** Es la característica de los agregados para resistir la acción del medio ambiente.

**Materiales auxiliares:** La solución de sulfato de sodio saturada para la inmersión de las muestras, puede ser del grado de pureza de la farmacopea nacional, en agua, a una temperatura comprendida entre 298 K a 303 K (25°C a 30°C), se agrega suficiente sal ya sea en forma anhidra ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) o en forma de sal decahidratada ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) para asegurar no solamente la saturación sino la presencia de exceso de cristales. Para preparar la solución consulte la versión original de la Norma C-075-ONNCCE- 2006.

**Solución saturada de sulfato de magnesio:** Debe ser del grado de pureza de la farmacopea nacional, a una temperatura comprendida entre 298 K a 303 K (25° a 30°C) se agrega suficiente sal ya sea en forma anhidra ( $\text{MgSO}_4$ ) o en forma heptahidratada ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ) (Sal de Epsom) para asegurar no solamente la saturación sino la presencia de exceso de cristales. Para preparar la solución consulte la versión original de la Norma C-075-ONNCCE- 2006.

**Equipo:** Cribas: que cumplan con las especificaciones de la Norma B-231.

**Recipientes:** Uno o más recipientes estancos con capacidad suficiente para que puedan alojar canastillas de inmersión.



**Tabla 1: Cribas.**

Para agregados finos Abertura en mm	Para agregados gruesos Abertura en mm
0,15 (No. 100)	4,75 (No.4)
0,30 (No. 50)	9,5 (3/8")
0,60 (No. 30)	12,5 (1/2")
1,18 (No. 16)	19,0 (3/4")
2,36 (No.8)	25,0 (1")
4,75 (No.4)	37,5 (1 1/2")
9,5 (3/8")	50 (2")
—	63,0 (2 1/2")
—	75,0 (3")



**Canastillas:** Ya sean de alambre o malla. Deberán contar con aberturas que permitan que la solución de sulfato de sodio, sulfato de magnesio, llegue a la muestra y puedan drenar sin pérdida de agregados.

**Balanzas:** Son necesarias para determinar la masa de los agregados gruesos y finos, una balanza con capacidad mínima de 500 g con sensibilidad de 0,1 g. de la masa de la muestra empleada.

**Horno de secado:** Este deberá contar con control de temperatura a 393 K  $\pm$  5K (110°  $\pm$  5°C).



**Tabla 2: Cribado del agregado fino.**

Material que pasa la criba		Material que pasa la criba	
Mm	No.	mm	No.
9,5	3/8"	4,75	No. 4
4,75	No. 4	2,36	No.8
2,36	No.8	1,18	No. 16
1,18	No. 16	0,60	No. 30
0,60	No. 30	0,30	No. 50



**Dispositivos para medir la densidad de las soluciones:** Como el densímetro, para líquidos de densidad mayor de uno, con aproximación a centésimas o picnómetro o probeta graduada de vidrio con capacidad de un litro y balanza con sensibilidad de 0,1 g.



**Preparación y acondicionamiento de las muestras**  
**Cribado de las muestras**

El agregado fino para la prueba es el que pasa a través de la criba 9,5 (3/8"). La muestra debe tener una cantidad tal que se obtengan porciones no menores de 100 g de cada uno de los siguientes tamaños, los cuales deben estar disponibles en cantidades de 5 % mayor de la cantidad en masa de muestra por probar, expresados en términos de las siguientes cribas.

**Cribado del agregado grueso:** El agregado grueso para la prueba debe consistir de un material del cual se hayan eliminado las partículas que puedan pasar por la criba 4.75 (No.4). La muestra debe ser una cantidad tal que se obtengan porciones no menores que las que se indican a continuación para cada uno de los diferentes tamaños, los cuales deben estar disponibles en cantidades de 5% o mayor de la cantidad en masa

**Tabela 3.** Cribado del agregado grueso.

Material que pasa la criba		Material retenido en la criba		Cantidad en g
Mm	No.	Mm	No.	
9.5	3/8"	4.75	No.4	300 ± 5
19.0	3/4"	9.5	3/8"	1000 ±
<b>Compuesta como sigue:</b>				
12.5	1/2"	9.5	3/8"	330 ± 5
19.0	3/4"	12.5	1/2"	670 ± 10
37.5	1 1/2"	19.0	3/4"	1 500 ± 50
<b>Compuesta como sigue:</b>				
25.0	1"	19.0	3/4"	500 ± 30
37.5	1 1/2"	25.0	1"	1000 ± 50
63	2 1/2"	37.5	1 1/2"	5 000 ± 300
<b>Compuesta como sigue:</b>				
50	2"	37.5	1 1/2"	2 000 ± 200
63	2 1/2"	50	2"	3000 ± 300

Para tamaños mayores espaciados en 25 mm (1") cada fracción 7 000 ± 1000.



de la muestra por probar expresada en términos de las cribas siguientes:

**Preparación de la muestra de agregado fino:** Se lava cuidadosamente la muestra de agregados finos en la criba 0,300 mm (No. 50). Se seca a masa constante a una temperatura de  $393\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ) y se separa en los diferentes tamaños por medio de cribado, de la manera siguiente: se hace una separación burda de la muestra graduada por medio de un juego de cobas estándar especificadas en el inciso Cribado de la muestra. Se determina la masa de las muestras que consistan de 100 g de cada una de las fracciones separadas después del cribado final se colocan en recipientes separados para la prueba y se desecha todo el material sobrante.

**Preparación de la muestra de agregado grueso:** Se lava cuidadosamente la muestra de agregado grueso y se seca a masa constante a una temperatura comprendida entre  $393\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ) se separa en tamaños diferentes de acuerdo con el inciso Cribado del agregado grueso. Se determina la masa en cantidad adecuada de cada fracción de la muestra y se colocan estas fracciones en recipientes separados para la prueba.

En el caso de partículas de agregados retenidos en la criba 19,0 mm (3/4") o mayores, se debe registrar el número de partículas.

#### Condiciones ambientales

Este método de prueba se realiza de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar en que se realiza la prueba.

#### Bibliografía:

ASTM-C-88-90 Standard Test Method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate.  
NOM-008-SCFI- 1993. Sistema General de Unidades y Medidas.  
NMX-C-251-1997-ONNCE. Industria de la construcción-Terminología.

**Nota:** Tomado de la Norma Mexicana NMX, con fines de promover la capacitación y el buen uso del cemento y del concreto. Usted puede obtener la Norma Mexicana NMX C-075-ONNCE 2008 Agregados-Determinación de la sanidad por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Esta norma y las relacionadas a agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo se pueden obtener en [nomas@nomas.org.mx](mailto:nomas@nomas.org.mx) o al teléfono 5663 2950, México, DF



ANEXO B. Manual del Imcyc Parte II

EL CONCRETO EN LA OBRA

# PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Imcyc  
EDITADO POR EL INSTITUTO  
MEXICANO DEL CEMENTO Y  
DEL CONCRETO, A.C.

Junio ■ 2010

**Determinación  
de la sanidad**  
de los agregados  
por medio  
de sulfato de  
sodio o sulfato  
de magnesio

Segunda parte

Ilustraciones: Felipe Hernández

34

SECCIÓN  
COLECCIONABLE

## Determinación de la sanidad de los agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

*Segunda parte*

**E**n este resumen se presenta la segunda parte de la Norma Mexicana NMX C-075-ONNCCE-2006. Agregados-Determinación de la sanidad por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Usted puede usarlo para familiarizarse con los procedimientos básicos de la Norma. Sin embargo, este resumen no tiene la intención de reemplazar los estudios completos que usted haga de la Norma.

### Procedimientos Inmersión de las muestras en la solución

Se sumergen las muestras en la solución de sulfato de sodio o de sulfato



de magnesio durante un período no menor de 16 h, ni mayor de 18 h, de tal manera que todas las partículas queden sumergidas hasta una profundidad no menor de 13 mm. En el caso de los agregados de masa ligera pueden colocarse mallas de alambre de masa adecuada sobre las muestras con objeto de sumergirlas en la solución. Se cubren los recipientes para reducir la evaporación y para prevenir la adición accidental de sustancias extrañas. Se conservan las muestras sumergidas en la solución a una temperatura de  $295\text{K} \pm 2\text{K}$  ( $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ) durante el período de Inmersión ya indicado.

### Secado de las muestra después de la inmersión

Después del período de Inmersión, se saca la canastilla con la muestra y se deja drenar durante  $15 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$  para llevarse después al horno de secado. La temperatura del horno debe llevarse previamente a  $383 \text{ K} \pm 5\text{K}$  ( $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ). Se secan las muestras a la temperatura especificada hasta conseguir masa constante. Se establece el tiempo requerido para obtener masa constante como sigue: Con el horno conteniendo la mayor cantidad de muestra compruebe las pérdidas de masa de las mismas sacándolas y determinando su masa sin enfriamiento, a intervalos de 2 a 4 h.



Hay que hacer suficientes comprobaciones para establecer el tiempo de secado requerido para el lugar del horno y la condición de la muestra menos favorable. Se considera haber logrado la masa constante cuando la pérdida de masa es menor que 0,1 % de la masa de la muestra. Después de haber logrado la masa constante las muestras deben enfriarse a temperatura ambiente para luego volverlas a sumergir en la solución preparada como se describe en Inmersión de las muestras iniciando un nuevo ciclo. La velocidad de secado para obtener masa constante puede variar considerablemente de un tamaño a otro o con el número de ciclos.

### Número de ciclos

Se repite el proceso de Inmersión y secado el número de ciclos necesarios de acuerdo a las especificaciones del material a analizar.



### Examen cuantitativo

Después de completar el último ciclo y de que se haya enfriado la muestra, se lava con agua mezclada con cloruro de bario ( $\text{BaCl}_2$ ) hasta que quede libre de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio lo cual se comprueba cuando no se forma ningún precipitado o enturbiamiento. Posteriormente se lava con circulación de agua a una temperatura de  $316\text{K} \pm 6\text{K}$  ( $43^\circ\text{C} \pm 6^\circ\text{C}$ ). Después del lavado, se seca cada fracción de la muestra a masa constante a una temperatura entre  $393\text{K} \pm 5\text{K}$  ( $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ) y se determina su masa. Se criba el agregado fino sobre la misma criba en la cual se retuvo antes de la prueba y el agregado grueso sobre la criba que se indica a continuación para cada fracción de la muestra.

Tabla 4: Determinación de la masa del material cribado.

Material que pasa la criba		Material retenido en la criba		Criba empleada para determinar la pérdida	
mm	No	mm	No	mm	No
63,0	2 1/2"	37,5	1 1/2"	31,5	1 1/4"
37,5	1 1/2"	19,0	3/4"	16,0	5/8"
19,0	3/4"	9,5	3/8"	8,0	5/16"
9,5	3/8"	4,75	No.4	4,0	No.5



## 34 DETERMINACIÓN DE LA SANIDAD



Se determina la masa del material que pasa la criba designada de cada fracción de la muestra.

### Examen cualitativo

Se examinan cualitativamente las fracciones de la muestra mayor de 19.0 mm (3/4"). El examen consiste en separar

por grupos las partículas de acuerdo con la acción producida en la prueba la cual puede ser por desintegración, resquebrajado, desmoronado, agrietado o descascarado. Además, deben contarse el número de partículas que muestran cada tipo de ataque.

### Cálculo y expresión de los resultados

El Informe debe incluir los siguientes datos:

**Masa de la fracción antes de la prueba:** Es la masa de la fracción de la muestra más fina que la criba que se designa en *Cribado del agregado* después de la prueba, expresada como porcentaje de la masa original.

Promedio de las determinaciones de masa de los porcentajes de prueba para cada fracción, con excepción de lo especificado a continuación. Para los agregados finos con menos de 10 % de material mayor que la criba 9.5 (3/8"), se considera que los tamaños más finos que la criba 0,300 (No. 50), tiene cero porcentaje de pérdida y que los tamaños mayores que la criba 9,5 (3/8"), tienen la misma pérdida que el tamaño siguiente menor.





Para agregados gruesos con menos del 10 % de material más fino que la criba 4,75 (No.4), se considera que los tamaños más finos que la criba 4,75 (No.4) tienen la misma pérdida que el tamaño siguiente mayor. Para muestras de agregados gruesos con más del 10% que pasa por la criba 4,75 (No.4), o agregados finos con más del 10% retenido en la criba 4,75 (No.4), se informan los resultados por separado, considerando la fracción fina como 100% y la fracción gruesa como 100%.

Cuando la masa de la muestra antes de la prueba sea inferior al indicado en los incisos "Cribado de los agregados fino y cribado del agregado grueso" en menos del 5% se informa como pérdida de masa en porcentaje con esa muestra, el valor promedio de la pérdida de masa de los materiales retenidos en las cribas inmediatas superior e inferior. En el caso de partículas mayores que la criba 19.0 mm (3/4") antes de las pruebas debe verse:

- a) El número de partículas en cada fracción antes de la prueba.
- b) El número de partículas afectadas clasificadas por el número de desintegración, desquebrajado, desmoronado, agrietado y descascarado.

Solución empleada: se emplea el sulfato de Sodio o Magnesio.

Conviene decir que la presente Norma no equivale a ninguna norma Internacional. ©

#### Bibliografía

ASTM-C-98-90 Standard Tests Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate.

NOM-00B-SCFI-1993 Sistema General de Unidades y Medidas.

NMX-C-251-1997-ONNCCE Industria de la construcción-Terminología

**Nota:** Tomado de la Norma Mexicana NMX C-075-ONNCCE -2006. Agregados-Determinación de la sanidad por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, con fines de promover la capacitación y el buen uso del cemento y del concreto. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas a agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en [normas@mall.onncce.org.mx](mailto:normas@mall.onncce.org.mx) o al teléfono 5663 2950. México, DF.