

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



---

“VERIFICACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL  
AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINOS -  
SAN RAFAEL - ALCAS - POZUZO SEGÚN DISEÑO  
DE MARSHALL - 2019”

---

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

TESISTA:  
ROY MELENDEZ SIU

ASESOR:  
ING. JORGE ZEVALLOS HUARANGA

HUANUCO – PERÚ

2019

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de verificar el cumplimiento o no de las características físicas (resistencia a la abrasión, equivalente de arena y índice de aplanamiento y alargamiento) con respecto a lo establecido en el diseño de mezclas asfálticas (metodología Marshall).

Este estudio servirá como punto de partida para darnos cuenta de lo importante que es el seguimiento de las características físicas del agregado de cantera.

El seguimiento del comportamiento físico en otras canteras de agregados, nos llevaría a una mejora en la producción de agregados en nuestro medio y su utilización en futuros proyectos.

Consecuentemente, se ha investigado el tema de acuerdo a los conceptos desplegados por The Asphalt Institute y las normas internacionales ASTM, que considera que la evaluación del agregado mineral utilizado en mezclas asfálticas se compone de ensayos realizados al agregado mineral y a la mezcla asfáltica (la que contiene agregado mineral en su interior).

El trabajo presenta los resultados obtenidos de los ensayos practicados a la muestra de la Cantera de Molinos San Rafael –Alcas-Pozuzo.

Se menciona el planteamiento del problema en estudio, los diversos antecedentes nacionales e internacionales que se han realizado con anterioridad, asimismo, se indica la justificación del trabajo realizado y las limitaciones encontradas durante el desarrollo de la investigación.

En el marco teórico que incluye la revisión de la literatura concerniente al tema de investigación, las definiciones de los términos básicos empleados.

Se indica el objetivo general que se busca alcanzar con el presente trabajo de investigación, así también los objetivos específicos y la formulación de la hipótesis de investigación.

Se precisa la identificación de las variables (dependiente e independiente), su operatividad y sus respectivos indicadores.

También se detalla la metodología de investigación empleada, el tipo de estudio empleado, la definición de la población de estudio, el tamaño y el tipo de muestra seleccionada.

También, se expresan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación realizado.

Y por últimos, se menciona la bibliografía básica para la realización de esta investigación acompañada de sus anexos como son las fichas de evaluación, panel fotográfico.

## DEDICATORIA



Dedico el presente trabajo, desde lo más profundo de mi corazón a:

Dios, por su constante bendición e iluminación.

A mis padres, a quienes les debo mis logros y por su apoyo incondicional en mi formación académica.

A mi esposa e hijas por su incondicional y constante apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero y eterno agradecimiento a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco por ser mi alma máter de a formación profesional.

A todos los docentes de esta Casa Superior de Estudios, por brindarme sus conocimientos y sus valiosas experiencias.

## INDICE

Portada .....	I
Resumen .....	III
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento .....	VI
Índice .....	VII
Introducción .....	X

## CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

<b>1.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>1</b>
1.1.1. Antecedentes Nacionales.....	1
1.1.2. Antecedentes Internacionales .....	2
1.1.3. Revisión de Estudios Realizados .....	4
<b>1.2. Bases Teóricas.....</b>	<b>6</b>
1.1.2. Ensayos Agregados para Mezclas Asfálticas .....	6
1.1.3. Método del Diseño Marshall.....	27
<b>1.3. Definiciones conceptuales .....</b>	<b>29</b>
Asfalto.....	29
Agregado .....	29
Abrasión.....	29
Índice de Alargamiento .....	29
Cantera .....	29
Agregado Fino .....	29
Agregado Grueso.....	30
Granulometría .....	30
Pavimento.....	30
Tamiz.....	30
<b>1.4. Hipótesis General.....</b>	<b>31</b>

<b>1.5. Determinación de Variables</b> .....	31
1.5.1. Variable Independiente .....	31
1.5.2. Variable Dependiente .....	31
<b>1.6. Operacionalización de Variables</b> .....	32
<b>1.7. Objetivo general</b> .....	33
<b>1.8. Objetivo específico</b> .....	33
<b>1.9. Población y muestra</b> .....	33
1.9.1. Población de estudio .....	34
1.9.2. Muestra .....	35
1.9.3. Descripción de la población.....	36
1.9.4. Ventajas y desventajas de la muestra .....	36

## **CAPITULO II. MARCO METODOLOGICO**

<b>2.1. Método y Diseño</b> .....	37
2.1.1 Método de Investigación.....	37
2.1.2 Diseño de Investigación.....	38
<b>2.2. Tipo y Nivel de Investigación</b> .....	39
2.2.1 Tipo de Investigación .....	39
2.2.2 Nivel de Investigación .....	40
<b>2.3. Técnicas de recolección y Tratamiento de datos</b> .....	41
2.3.1. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	41
2.3.2. Procesamiento y representación de datos.....	42
a) ENSAYO DE GRANULOMETRIA .....	43
b) EQUIVALENTE DE ARENAS.(ASTM D-2419 AASHTO T-176) .....	46
c) ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS.(ASTM D-4719) .....	48

d) ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO Y FINO.(ASTM-127).....	50
e) ENSAYO DE ABRASION POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C-131 y ASTM C-535, NTP.400.019 .....	54

### **CAPITULO III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

3.1. Contrastación de los resultados del trabajo de campo con los referentes bibliográficos de las bases teóricas.....	57
<b>3.2. Contrastación de hipótesis y prueba de hipótesis .....</b>	<b>57</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>6. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>60</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>62</b>
<b>7.1 PANEL FOTOGRAFICO.....</b>	<b>72</b>
<b>7.2 RESULTADO DE LABORATORIO.....</b>	<b>101</b>
<b>7.3 NORMAS REPRESENTATIVAS.....</b>	<b>111</b>

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación pretende verificar el valor de la resistencia a la abrasión, equivalente de arena e índice de aplanamiento y alargamiento (característica física del agregado mineral de la cantera de Molinos-San Rafael), a través de la comparación con el valor establecido por la metodología de diseño de mezclas asfálticas Marshall.

El método original de Marshall, sólo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor. El método modificado se desarrolló para tamaños máximo arriba de 38 mm (1.5"). Está pensado para diseño en laboratorio y control de campo de mezclas asfálticas en caliente con graduación densa. Debido a que la prueba de estabilidad es de naturaleza empírica, la importancia de los resultados en términos de estimar el comportamiento en campo se pierde cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar.

El método Marshall utiliza especímenes de prueba estándar de una altura de 64 mm (2 ½") y 102 mm (4") de diámetro. Se preparan mediante un procedimiento específico para calentar, mezclar y compactar mezclas de asfalto-agregado. (ASTM D1559). Los dos aspectos principales del método de diseño son, la densidad-análisis de vacíos y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados.

La estabilidad del espécimen de prueba es la máxima resistencia en N (lb) que un espécimen estándar desarrollará a 60 °C cuando es ensayado. El valor de flujo es el movimiento total o deformación, en unidades de 0.25 mm (1/100") que ocurre en el espécimen entre estar sin carga y el punto máximo de carga durante la prueba de estabilidad.

La metodología de diseño de mezclas asfálticas Marshall establece a través de la norma ASTM C-113 lo siguiente, que el valor arrojado por el ensayo de la resistencia a la abrasión no debe sobrepasar el 30% de desgaste respecto al peso inicial (5000 gr.).

La metodología Marshall utiliza una gráfica semilogarítmica para definir la granulometría permitida, en la cual en la ordenada se encuentran el porcentaje de material que pasa cierta malla, y en la abscisa las aberturas de las mallas en mm, graficadas en forma logarítmica.

Así mismo es de mucha importancia para el estudio de los agregados en la selección de una curva granulométrica adecuada para el diseño de una mezcla asfáltica cerrada o densa, está en función de dos parámetros: el tamaño máximo nominal del agregado y el de las líneas de control (superior e inferior), Las líneas de control son puntos de paso obligado para la curva granulométrica.

Cuando se desarrolla una mezcla de diseño, es frecuentemente necesario hacer varias mezclas de prueba para encontrar una que cumpla con todos los criterios de diseño. Cada una de las mezclas de prueba sirve como una guía para evaluar y ajustar las pruebas siguientes. Para diseño de mezclas preliminares o exploratorias, es aconsejable comenzar con una graduación de agregado que se acerque a la media de los límites establecidos. Las mezclas de prueba iniciales sirven para establecer la fórmula de trabajo y verificar que la graduación de agregado dentro de los límites especificados puede ser reproducida en una planta mezcladora.

Cuando las mezclas de pruebas iniciales fallan con los criterios de diseño en cualquier contenido de asfalto seleccionado, será necesario modificar o, en algunos casos, rediseñar la mezcla. Para corregir una deficiencia, la manera más fácil de rediseñar una mezcla es cambiar la graduación de los agregados ajustando los porcentajes utilizados. Frecuentemente este ajuste es suficiente para cumplir con las especificaciones. Si el ajuste de los porcentajes no es suficiente, se deberán realizar serias consideraciones.

Existen lineamientos generales para ajustar las mezclas de prueba, aunque estas sugerencias no funcionan en todos los casos:

Por eso la importancia que se da en estudiar las características físicas del agregado mineral (cantera de Molinos – San Rafael) y su posible uso en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente, conllevaría a muchas mejoras con respecto a la explotación de este material (uso controlado, aumento de la potencialidad.)

Otro factor que se debe de tomar en cuenta para garantizar la eficiencia de las mezclas asfálticas corresponde a que los vacíos pueden incrementarse en diferentes formas. Como un acercamiento general para lograr vacíos altos en el agregado mineral (en consecuencia, proveer de suficientes espacios, para una adecuada cantidad de asfalto y vacíos de aire), la graduación del agregado debe ajustarse mediante la adición de más agregado grueso o fino.

Si el contenido de asfalto es más alto de lo normal y el exceso no es necesario para remplazar el absorbido por el agregado, entonces el contenido de asfalto deberá reducirse a fin de incrementar el porcentaje de vacíos, proveyendo un adecuado VMA. Se deberá recordar que disminuir el porcentaje de asfalto podrá tender a bajar la durabilidad del pavimento. Demasiada reducción en el contenido de asfalto puede ocasionar fracturación, oxidación acelerada e incremento de la permeabilidad. Si los ajustes anteriores no producen una mezcla estable, el agregado tendrá que cambiarse.

Es también posible mejorar la estabilidad e incrementar el contenido de vacíos en el agregado de la mezcla, mediante el incremento del agregado grueso o reducción de la cantidad de material que pasa la malla No. 200. Con la incorporación de arena procesada, el contenido de vacíos puede mejorarse sin sacrificar la estabilidad de la mezcla.

En vista de que hasta la fecha no se cuenta con la certificación de uso específico de canteras de agregados para la elaboración de mezclas asfálticas, es este principio el que motiva a esta investigación.

## **CAPITULO I. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION**

#### **1.1.1 ANTECEDENTES NACIONALES**

- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA – FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL- LABORATORIO N2 DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS. Informe de Laboratorio – Ensayo para Pavimentos- Vol. I(Publicación ICG-Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, diciembre del 2001 – Pág. 9.) “los agregados empleados en la construcción de carreteras, deben cumplir con las especificaciones técnicas, que garanticen un buen comportamiento durante su periodo de vida. A su llegada al laboratorio, las muestras deben ser preparadas para someterlas a diferentes ensayos de calidad de agregados”.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA – FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES. Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. (Publicación ICG-Instituto de la Construcción y Gerencia. Segunda Edición. Lima, Diciembre del 2006 – Pág. 40.)“Todos los agregados que conformen alguna de las capas de la estructura del pavimento, deberán cumplir con las especificaciones. Los ensayos considerados verifican cierta característica de los agregados.”

#### **1.1.2 ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES – INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE  
Influencia del Agregado Mineral en el Comportamiento de Mezclas Asfálticas. (Publicación técnica N°255. – Sanfandila, Qro. 2004- Pag. 7). “La metodología Marshall utiliza una serie de parámetros que deben cumplir cualquier agregado mineral, en la cual se presentan rangos y

valores permisibles para un buen comportamiento mecánico de la futura mezcla asfáltica.”

- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES – INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE

Análisis de la Influencia de la compactación en las Mezclas Asfálticas (Publicación técnica N°305. – Sanfandila, Qro. 2005- Pag.26)

“La selección del agregado mineral óptimo depende de muchos criterios. Un punto inicial para el diseño es escoger un agregado mineral cuyo porcentaje de vacíos se encuentre entre los límites permisibles de vacíos. Todas las propiedades medidas y calculadas con este contenido de vacío deberán ser evaluadas, comparándolas con los criterios de diseño de mezclas. Si todos los criterios se cumplen, entonces se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, en caso de que un criterio no cumpla, se necesitara hacer ajustes o rediseñar”

- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES – INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE

Análisis Comparativo de los Métodos Marshall y Superpave para compactación de las Mezclas Asfálticas (Publicación técnica N° 271. – Sanfandila, Qro. 2005- Pag.16) “Se realiza una comparación de dos métodos de diseño como, son el método Marshall, el cual es el método más utilizado en México y el método Superpave, que es el desarrollo del programa SRHP del Departamento de Transporte de Estados Unidos de Norteamérica. Se hace énfasis en los antecedentes de ambas metodologías y en las propiedades volumétricas de las mezclas asfálticas compactadas; en forma conjunta se realiza un ensayo y desempeño de la mezcla asfáltica mediante el Analizador de Pavimentos Asfálticos (APA), mismo que se utiliza para evaluar la susceptibilidad de la mezcla a la deformación permanente.”

- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES – INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE  
Aspectos del Diseño Volumétrico de Mezclas Asfálticas (Publicación técnica N° 246. – Sanfandila, Qro. 2004- Pag.6) “Se realiza una comparación a nivel volumétrico de las metodologías Marshall y Superpave, describiendo los procedimientos y requerimientos específicos de cada metodología y los criterios para la selección del diseño final de la mezcla.”
- APLICACIÓN DEL METODO DE MARSHALL Y GRANULOMETRIA SUPERPAVE EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO CLASIFICACION GRADO DE DESEMPEÑO, San Salvador Septiembre -2012”.(Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Rafael Alexander Crespín Molina. Ismael Ernesto Santa Cruz Jovel, Pablo Alberto Torres Linares.” Las carreteras son de vital importancia para la sociedad salvadoreña, y la gran mayoría están hechas de concreto asfáltico, es por esto que el desempeño de las mismas depende de la calidad de los materiales, procesos constructivos y también de un buen diseño.”

### 1.1.3 REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

#### a) FUENTE PRIMARIA:

Los datos básicos necesarios para la investigación, son proporcionados por las literaturas que se aplican en la actualidad en nuestro país que se mencionan a continuación:

Manual de Ensayos para Laboratorio (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

- Manual de Laboratorio – Ensayos para Pavimentos – Volumen I (Universidad nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil – Laboratorio No. 02 de Mecánica de Suelos y Pavimentos).
- Norma ASTM C-131. (ENSAYO DE LOS ANGELES)
- Norma ASTM C-2419. (EQUIVALENTE DE ARENA)
- Norma ASTM C-128. (DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO)
- Norma ASTM C-127. (DENSIDAD Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO)
- NORMA TECNICA 400.040. (PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS)
- NTP 400.019.2002. (ENSAYO DE LOS ANGELES)
- NTP 400.010 (MUESTREO DE AGREGADO)
- NTP 400.012 (ENSAYO GRANULOMETRICO)
- ASTM D3665. (MUESTREO DE MATERIALES)
- ASTM D 75. (MUESTREO DE AGREGADOS)

#### b) FUENTE SECUNDARIA:

Comprende la compilación de resúmenes de la investigación relacionada.

- Estudio de la potencialidad en producción e identificación de canteras del distrito de Pillcomarca (Informe proporcionado por la oficina de abastecimientos de la Municipalidad Distrital de Pillcomarca).

- Para nuestro caso tomaremos la cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO ubicada en el distrito de San Rafael.
- DETERMINACION DEL INDICE DE ALARGAMIENTO Y DE APLANAMIENTO DE UNA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO (UNIVERSIDAD DE SUCRE FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL MATERIALES DE LA CONSTRUCCION SINCELEJO – SUCRE 27 DE SEPTIEMBRE DEL 2012.
- TESIS: APLICACION DEL METODO MARSHALL Y GRANULOMETRIA SUPERPAVE EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE CON ASFALTO CLASIFICACION GRADO DE DESEMPEÑO” PRESENTADO POR: RAFAEL ALEXANDER CRESPIÑ MOLINAISMAEL, ERNESTO SANTA CRUZ JOVEL, PABLO ALBERTO TORRES LINARES SEPTIEMBRE DE 2012.

## **1.2 BASES TEORICAS**

### **1.2.1 ENSAYOS DE AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFALTICAS**

#### **RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (ASTM C-131 y ASTM C-535, NTP.400.019)**

Los agregados sufren desgaste abrasivo durante su construcción, colocación y compactación de mezclas asfálticas para pavimentos.

- Los agregados también están sujetos a abrasión por efecto de la carga de tránsito. Los agregados de la superficie requieren mayor tenacidad que los agregados de capas menores que reciben cargas disipadas. SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES – INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE
  
- El ensayo de abrasión de Los Ángeles mide el desgaste o resistencia a la abrasión del agregado mineral. El equipo y procedimiento se detallan en AASHTO T-96 y ASTM C-131, NTP.400.019. SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES – INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE
  
- El ensayo de prueba da rangos de 10% para rocas ígneas muy duras a 60% para calizas y areniscas. El máximo desgaste para agregados gruesos usados en carreteras de primera categoría con Mezclas Asfálticas en Caliente se limita el porcentaje de desgaste a 40% y otras agencias en 60%. SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES – INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE

- **ENSAYO DE ABRASION POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C-131 y ASTM C-535, NTP.400.019 SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES – INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE**

**Fundamento:**

Los agregados deben ser capaces de resistir el desgaste irreversible y degradación durante la producción, colocación y compactación de las obras de pavimentación, y sobre todo durante la vida de servicio del pavimento.

Debido a las condiciones de esfuerzo-deformación, la carga de la rueda es transmitida a la superficie del pavimento a través de la llanta como una presión vertical aproximadamente uniforme y alta. La estructura del pavimento distribuye los esfuerzos de la carga, de una máxima intensidad en la superficie hasta una mínima en la subrasante.

Por esta razón los agregados que están en, o cerca de la superficie, como son los materiales de base y carpeta asfáltica, deben ser más resistentes que los agregados usados en las capas inferiores, sub base, de la estructura del pavimento, la razón se debe a que las capas superficiales reciben los mayores esfuerzos y el mayor desgaste por parte de cargas del tránsito.

Por otro lado, los agregados transmiten los esfuerzos a través de los puntos de contacto donde actúan presiones altas. El Ensayo de Desgaste de Los Ángeles, ASTM C-131 ó AASHTO T-96 y ASTM C-535, NTP.400.019 mide básicamente la resistencia de los puntos de contacto de un agregado al desgaste y/o a la abrasión.

También se está usando el ensayo de abrasión para calificar la calidad de piedras, y bloques de roca para obras de defensa ribereña, etc. para lo cual se deberá someter primero a un proceso de chancado a fin de tener la muestra de ensayo.

El Ensayo de Desgaste de Los Ángeles es la medida más común de la dureza en los agregados. Este ensayo nos permite tener una idea, de la forma en que se comportaran los agregados, bajo los efectos de la Abrasión causados por el tráfico. Además, nos proporciona una idea del grado de intemperismo que poseen los agregados. Los agregados intemperizados tendrán valores de desgaste elevados, por lo que su uso podrá ser limitado o nulo, dentro de un proyecto de pavimentación. Por lo tanto, este valor, es muy utilizado como un indicador de la relativa calidad de los agregados a utilizarse en pavimentación.

Una medida indirecta de la dureza también la proporciona la prueba de Sanidad de los Agregados, ya que mide la resistencia de este a una simulación de intemperismo agresivo.

También los ensayos para determinación de gravedades específicas están relacionados con la dureza, pues usualmente se acepta que:

Agregados con Gravedades Específicas bajas (< 2.000) no son apropiados para mezclas de superficie, ya que pueden catalogarse como agregados livianos, propensos a excesiva pulimentación, a causa de las cargas vehiculares. También la gravedad específica está relacionada con la porosidad del agregado y por lo tanto a su capacidad de absorción, por eso éstos valores pueden ser un indicativo de la calidad de los materiales pétreos, así por ejemplo, absorciones altas indicaran agregados con alto contenido de poros permeables, lo que los vuelve de mala calidad para mezclas de superficie.

**Objetivo:**

Este método describe el procedimiento para determinar el porcentaje de desgaste de los agregados de tamaños menores a 37.5 mm (1 ½") y agregados gruesos de tamaños mayores de 19 mm (¾"), por medio de la máquina de los Ángeles.

**Equipos de Laboratorio:**

- Máquina de desgaste de Los Ángeles.
- Tamices. De los siguientes tamaños: 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°4, N°8. Un tamiz N°12 para el cálculo del desgaste.
- Esferas de acero. De 46.38 a 47.63 mm de diámetro de peso equivalente entre 390 a 445 gr.
- Horno. Capaz de mantener una temperatura de 110±5 °C.
- Balanza. Sensibilidad de 1.0 gr.

**Material y carga abrasiva a utilizar:**

La cantidad de material a ensayar y el número de esferas a incluir dependen de la granulometría del agregado grueso. En las Tablas N°1 y N°2, se muestra el método a emplear; así como la cantidad de material, número de esferas, número de revoluciones y tiempo de rotación, para cada uno de ellos. La gradación que se use deberá ser representativa de la gradación original del material suministrado para la obra

## FUENTE: NORMA ASTM C-131

*Tabla N°1*  
*Peso de agregado y Número de Esferas para agregados gruesos hasta de 1 ½"*  
*(Ensayo de Abrasión ASTM C-131)*

METODO		A	B	C	D
DIÁMETRO		CANTIDAD DE MATERIAL A EMPLEAR (gr)			
Pasa el tamiz	Retenido en tamiz				
1 ½"	1"	1 250±25			
1"	¾"	1 250±25			
¾"	½"	1 250±10	2 500±10		
½"	3/8"	1 250±10	2 500±10		
3/8"	¼"			2 500±10	
¼"	Nº4			2 500±10	
Nº4	Nº8				5 000±10
<b>PESO TOTAL</b>		<b>5 000±10</b>	<b>5 000±10</b>	<b>5 000±10</b>	<b>5 000±10</b>
Nº de esferas		12	11	8	6
Nº de revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de rotación (minutos)		15	15	15	15

## FUENTE: NORMA ASTM C-131.

*Tabla N°2*  
*Peso de agregado y Número de Esferas para agregados gruesos de tamaños mayores a 3/4"*  
*(Ensayo de Abrasión ASTM C-535)*

METODO		1	2	3
DIÁMETRO		CANTIDAD DE MATERIAL A USAR (gr)		
Que pasa	Retenido			
3"	2 ½"	2 500±50		
2 ½"	2"	2 500±50		
2"	1 ½"	5 000±50	5 000±50	
1 ½"	1"		5 000±25	5 000±25
1"	¾"			5 000±25
<b>PESO TOTAL</b>		<b>10 000±100</b>	<b>10 000±75</b>	<b>10 000±50</b>
Nº de esferas		12	12	12
Nº de revoluciones		1 000	1 000	1 000
Tiempo de rotación (minutos)		30	30	30

**Procedimiento de Ensayo:**

- a) El material deberá ser lavado y secado en horno a una temperatura constante de 105-110°C, tamizadas según las mallas que se indican y mezcladas en las cantidades del método al que correspondan, según la Tabla N°1 ó N°2.

- b) Pesar la muestra con precisión de 1 gr., para el caso de agregados gruesos hasta de 1 ½" y 5 gr. para agregados gruesos de tamaños mayores a 3/4".
- c) Introducir la muestra junto con la carga abrasiva en la máquina de Los Ángeles, cerrar la abertura del cilindro con su tapa, ésta tapa posee empaquetadura que impide la salida de polvo fijada por medio de pernos. Accionar la máquina, regulándose el número de revoluciones adecuado según el método.
- d) Finalizado el tiempo de rotación, se saca el agregado y se tamiza por la malla N°12.
- e) El material retenido en el tamiz N°12 se lava y seca en horno, a una temperatura constante entre 105° a 110°C pesar la muestra con precisión de 1 gr.

**Cálculos:**

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje de desgaste, calculándose como la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra de ensayo con respecto al peso inicial.

$$\% \text{ desgaste} = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \times 100$$

**Observaciones:**

- a) Si el material se encuentra libre de costras o polvo no será necesario lavarlo antes y/o después del ensayo.

- b) Para agregados gruesos de tamaños mayores a  $\frac{3}{4}$ " se puede determinar la pérdida después de 200 revoluciones. Al efectuar ésta determinación no será necesario lavar el material retenido en el tamiz N°12. La relación de pérdida después de 200 revoluciones a pérdida después de 1 000 revoluciones, no debería exceder en más del 20% para materiales de dureza uniforme. Cuando se realice éste paso se evitará perder todo tipo de material, incluido el polvo, porque éste será devuelto a la máquina para concluir con el ensayo.

### **ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO DE AGREGADOS (ASTM 4791)**

El ensayo de índice de aplanamiento e índice de alargamiento de los agregados es muy importante no solo en el acabado y calidad final de la mezcla asfáltica sino también sobre la manejabilidad y consistencia al estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario de la mezcla asfáltica.

Para la elaboración de un buen diseño de mezcla se necesitan conocer muchas propiedades de los agregados, ya que éstos son los mayores constituyentes del concreto, una de estas propiedades es el índice de alargamiento y de aplanamiento para el agregado grueso, que proporcionan información sobre la forma del agregado, si son alargados o aplanados, y conociendo estas características se logra deducir que tan bueno o no será elaborar un diseño de mezcla con dicho agregado grueso; puesto que al agregado tener una forma alargada o aplanada suele quebrarse al ser transportados o a la hora de realizar las mezclas por lo que abran más partículas de agregados y por defecto más pequeña, lo que cambiaría la granulometría del agregado y esto puede ocasionar pérdida en la resistencia de la mezcla asfáltica.

Se define como índice de alargamiento de una fracción de agregado, el porcentaje en peso de las partículas que forman cuya dimensión máxima (longitud), e índice de aplanamiento como el porcentaje en peso de las partículas de una fracción de agregado que forman cuya dimensión mínima (espesor).

Los índices de aplanamiento e índice de alargamiento sirven como estimativo en cierto modo de la calidad de un agregado. Las partículas planas y alargadas son problemáticas debido a su poca durabilidad y a que dificultan la labor de compactación por su entregamiento pobre. Además, el ensayo de laboratorio nos proporciona la información requerida para evaluar si contamos con los agregados adecuados para hacer un óptimo diseño de mezcla; incluso nos permite corroborar y asimilar mejor los conceptos vistos teóricamente.

Las partículas planas y alargadas son definidas respectivamente, como aquellas partículas cuya dimensión última es menor que 0.6 veces su dimensión promedio y aquellas que son mayores 1.8 veces la dimensión promedio. Para el propósito de esta prueba, la dimensión promedio se define como el tamaño medio entre las dos aberturas 1" a  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{4}$ " a  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{1}{2}$ " a  $\frac{3}{8}$ ", etc. entre las que los agregados son retenidos al ser tamizados.

Para las determinaciones de los Índices de Aplanamiento y de Alargamiento, se utiliza dos calibradores metálicos: uno de ranuras para calibrar espesores (ver Fotografía 1) y uno de barras para calibrar longitudes (ver Fotografía 2).

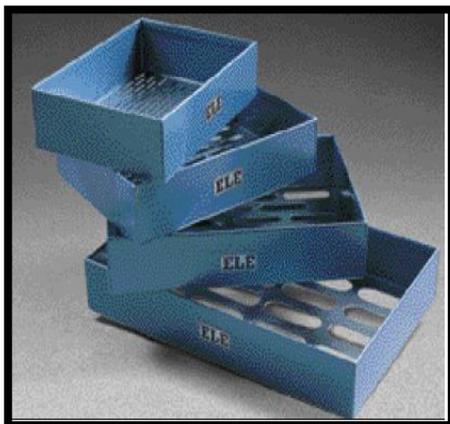


Fig. N°1



Fig. N°2

El tamaño mínimo del agregado que se utiliza con este método de ensayo es de  $\frac{1}{4}$ ".

La expresión de resultados en esta norma es para cada fracción ensayada o para el total de la muestra.

Según esta norma, Partículas Chatas y Alargadas del Agregado, son aquellas partículas que tienen una relación de longitud a espesor mayor que un valor especificado. Las relaciones largo: espesor que se pueden determinar con esta norma son: 2/1, 3/1, 4/1 y 5/1.

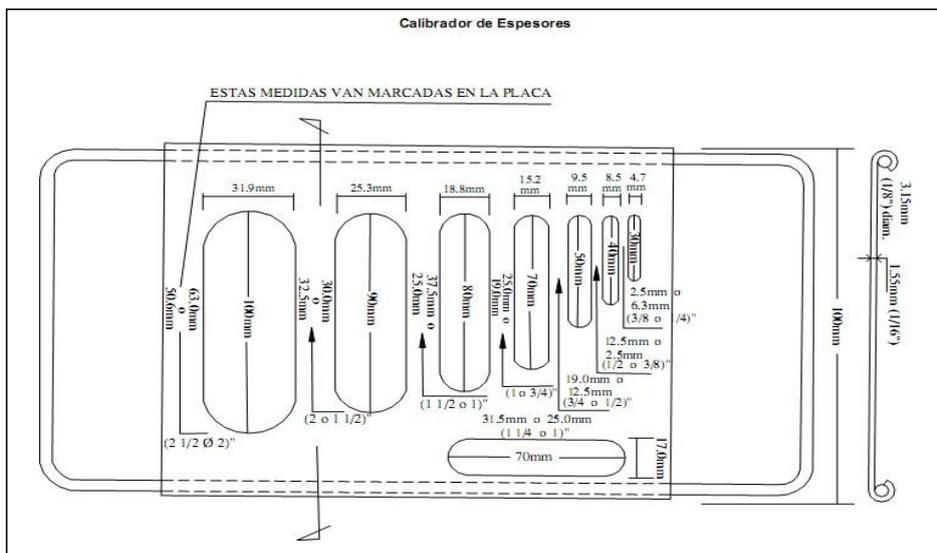
El tamaño mínimo del agregado que se utiliza con este método es de  $\frac{3}{8}$ " ó N° 4.

En el primero de ellos se fija la longitud y se define a la partícula chata y alargada como aquella que pasa por la abertura menor, prefijada según una proporción determinada. Si se usa el segundo calibrador en las pruebas, se fija el espesor y se define a la partícula chata y alargada como aquella cuya longitud no pasa por la abertura mayor, según una proporción prefijada.

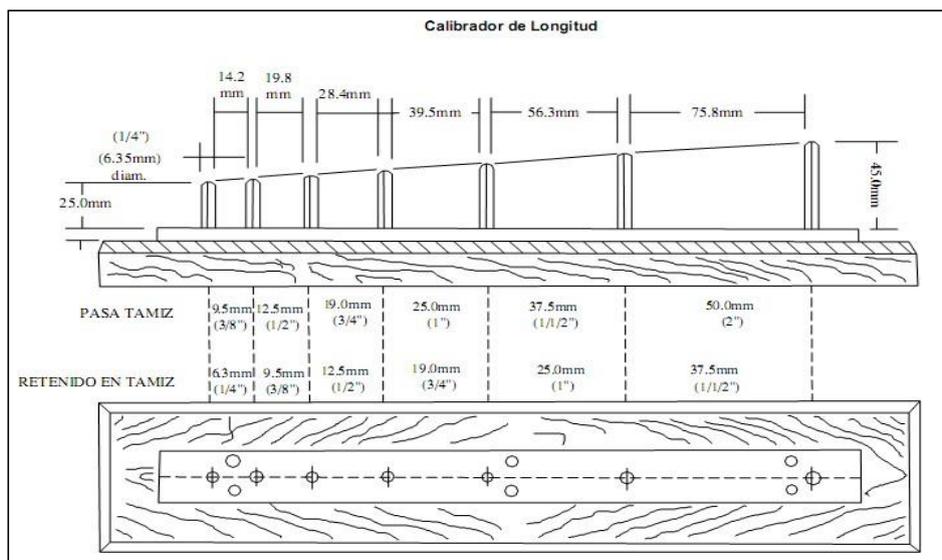
### **Preparación de la muestra**

- a) Separar por cuarteo una muestra representativa.

- b) Tamizar por las mallas indicadas y determinar el peso retenido entre dos mallas consecutivas. (Wi).
- c) Separar el material retenido en cada malla para ser ensayado.



FUENTE: MANUAL DE ENSAYOS PARA PAVIMENTOS (MTC)



FUENTE: MANUAL DE ENSAYOS PARA PAVIMENTOS (MTC)

**Nota**

- Si el porcentaje retenido entre dos mallas consecutivas es inferior al 5%, no será ensayado.
- Si el porcentaje retenido entre dos mallas consecutivas está entre el 5% y 15%, se separarán un mínimo de 100 partículas. Determinar su peso con aproximación al 0.1%.

- Si el porcentaje retenido entre dos mallas consecutivas es mayor al 15%, se separarán un mínimo de 200 partículas. Determinar su peso con aproximación al 0.1%.

### **Procedimiento de ensayo**

- a) Cada una de las muestras separadas se hace pasar por el calibrador de espesores en la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya.
- b) Pesar la cantidad de partículas de cada fracción, que pasaron por la ranura correspondiente, aproximación al 0.1% del peso total de la muestra de ensayo. (Pi)
- c) Cada una de las muestras separadas se hace pasar por el calibrador de longitud por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya.
- d) Pesar la cantidad de partículas de cada fracción, retenida entre las dos barras correspondientes, aproximación al 0.1% del peso total de la muestra de ensayo. (Ri)

### **Cálculos**

- g) Índice de aplanamiento:

$$IAP_i (\%) = \frac{P_i}{W_i} \times 100$$

Donde:

IAP<sub>i</sub> : Índice de aplanamiento de la fracción i, ensayada.

P<sub>i</sub> : Peso de las partículas que pasan por la ranura correspondiente

W<sub>i</sub> : Peso inicial de esa fracción

- h) Índice de alargamiento:

$$IAL_f (\%) = \frac{R_i}{W_i} \times 100$$

Donde:

IAL<sub>f</sub>: Índice de alargamiento de la fracción i, ensayada

R<sub>i</sub> : Peso de las partículas retenidas entre las correspondientes barras.

W<sub>i</sub> : Peso inicial de esa fracción

Para ambos índices, se deberá redondear los resultados al entero más próximo.

### **EQUIVALENTE DE ARENA Y AGREGADOS FINOS (ASTM D2419)**

Este método de ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y características del material fino presente en una muestra de ensayo formado por suelo granular que pasa el tamiz N°4 (4.75 mm). El término “Equivalente de Arena” transmite el concepto que la mayoría de los suelos granulares y agregados finos son mezcla de partículas gruesas, arenas y generalmente finos. Para determinar el porcentaje de finos en una muestra, se incorpora una medida de suelo y solución en una probeta plástica graduada que luego de ser agitada separa el recubrimiento de finos de las partículas de arena; después de un período de tiempo, se pueden leer las alturas de arcilla y arena en la probeta.

El equivalente de arena es la relación de la altura de arena respecto a la altura de arcilla, expresada en porcentaje.

Este método proporciona una manera rápida de campo para determinar cambios en la calidad de agregados durante la producción o colocación.

### **Equipos de Laboratorio**

- Tuvo irrigador. De acero inoxidable, cobre o bronce, de 6.35 mm de diámetro exterior, 508 mm de longitud, cuyo extremo inferior está cerrado en forma de cuña. Tiene dos agujeros laterales de 1 mm de diámetro en los dos planos de la cuña cerca de la punta.
- Sistema de Sifón. Se compone de un botellón de 1 galón (3.8lt) de capacidad con un tapón. El tapón tiene dos orificios que lo atraviesan, uno para el tubo del sifón y el otro para entrada de aire. El conjunto deberá ubicarse a 90 cm por encima de la mesa.
- Probeta graduada. Con diámetro interior de  $31.75 \pm 0.381$  mm y 431.8 mm de altura graduada hasta una altura de 381 mm, provista de un tapón de caucho o goma que ajuste en la boca del cilindro.
- Tubo flexible. De caucho o goma con 4.7 mm de diámetro, tiene una pinza que permite cortar el paso del líquido a través del mismo. Este tubo permite conectar el tubo irrigador con el sifón.
- Pisón de metal. Consistente en una barra metálica de 457 mm de longitud que tiene enroscado en su extremo inferior un disco metálico de cara inferior plana perpendicular al eje de la barra y cara superior de forma cónica. El disco lleva tres tornillos pequeños que sirven para centrarlo dentro del cilindro. Lleva una sobrecarga en forma cilíndrica, de tal manera que el conjunto pese 1 kg. (barra metálica, disco y sobrecarga).
- Recipiente metálico. De estaño aproximadamente de 57 mm de diámetro con capacidad de  $85 \pm 5$  ml, borde superior uniforme de

modo que la muestra que se coloca en ella se pueda enrasar para conseguir el volumen requerido.

- Cronómetro o reloj. Lecturas en minutos y segundos.
- Embudo. De boca ancha para incorporar la muestra de ensayo en la probeta graduada.
- Tamiz. Tamiz N°4 según especificaciones E11.
- Recipiente para mezcla.
- Horno. Capaz de mantener temperaturas de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Papel filtro. Watman N°2V o equivalente

Lista de Materiales			
Ensamblaje	Parte N°	Descripción	Material
A	1	Ensamblaje de sifón	Cobre, puede ser niquelado
	2	Tubo de sifón	Cobre, puede ser niquelado
	3	Manguera de sifón	Caucho, goma pura o equivalente
	4	Manguera de purga	Caucho, goma pura o equivalente
	5	Tubo de purga	Cobre, puede ser niquelado
	6	Tapón con dos agujeros N°6	Caucho
	7	Tubo irrigador	Caucho
B	8	Abrazadera	Caucho
	9	Probeta graduada	Acrílico transparente
C	10	Tubo	Acrílico transparente
	11	Base	Acrílico transparente
	12	Ensamblaje para lectura de arena	Nylon 101 tipo 66 templado
	13	Indicador para lectura de arena	Bronce, puede ser niquelado
	14	Barra	Acero, puede ser niquelado
	15	Pesa	Metal resistente a la corrosión
		Pasador	Bronce
		Pie	Caucho, puede ser niquelado
		Tapón sólido	Caucho, puede ser niquelado

FUENTE: ASTM D 2419-91

Los materiales que forman parte del equipo de ensayo de equivalente de arena son:

### **Preparación de la muestra**

- a) Separar aproximadamente 1500 gr de material que pase el tamiz N° 4 (4.75 mm). Tener el cuidado de desmenuzar todos los terrones de material fino y limpiar cualquier cubierta de fino que se adhiere al agregado grueso, estos finos pueden ser removidos por secado superficial del agregado grueso y frotación entre las manos sobre un recipiente plano. Añádase este material a la porción fina de la muestra.
  
- b) Para determinar la cantidad del material para el cuarteo.
  - Si fuera necesario humedecer el material, para evitar segregación o pérdida de finos durante el cuarteo. Tener cuidado al adicionar agua a la muestra, para mantener una condición de flujo libre de material.
  - Usando el recipiente metálico de  $85\pm 5$  ml de capacidad, saque cuatro medidas de muestra. Cada vez que se llene una medida golpear ligeramente, la parte inferior del recipiente sobre una superficie dura por lo menos cuatro veces.
  - Registre la cantidad de material contenido en las cuatro medidas, ya sea por peso o volumen, de la probeta de plástico.
  - Regrese el material a la muestra y proceda a separarla por cuarteo, haciendo los ajustes necesarios para obtener el peso o volumen predeterminado. De este cuarteo se debe obtener, en los siguientes cuarteos, la cantidad suficiente de muestra para llenar la medida, y por lo tanto proporcione un espécimen de ensayo.
  - Secar el espécimen de ensayo a peso constante de  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  y dejarlo enfriar a temperatura ambiente.
  
- c) Manteniendo la condición de flujo libre, humedecer lo suficiente el material para evitar segregación o pérdida de finos durante el cuarteo.

- d) Separar por cuarteo entre 1000 y 1500 gr de material. Colóquelo en un recipiente y mezcle en forma circular hacia el centro, por un minuto, hasta obtener una mezcla uniforme.
- e) Verificar las condiciones de humedad del material apretando con la mano una porción de material, si se forma una masilla que permite abrir la mano sin romperse, la mezcla tiene el rango correcto de humedad.
- Si la muestra está muy seca se desmoronará, debiendo adicionar agua; volver a mezclar y probar si se formó la masilla plástica.
  - Si la muestra está muy húmeda deberá secarse al aire, mezclándola frecuentemente para asegurar uniformidad y ensayándola nuevamente.
- f) Si la humedad inicial se encuentra dentro de los límites arriba descritos, la muestra se puede ensayar inmediatamente. Si la humedad es diferente a los límites indicados, la muestra deberá ponerse en una vasija, cubriéndola con una toalla húmeda que no toque el material, por espacio de 15 min. como mínimo.
- g) Después de transcurrido el tiempo mínimo, re mezclar por 1 min. sin agua, formando un cono con el material, utilizando una paleta.
- h) Tome el recipiente metálico en una mano y presiónese contra la base del cono mientras se sostiene a éste con la mano libre.

A medida que el recipiente atraviesa el cono manténgase suficiente presión en la mano para que el material lo llene por completo. Presiónese firmemente con la palma de la mano compactando el material hasta que éste se consolide, el exceso debe ser retirado y desechado, enrasando con la paleta a nivel del borde del recipiente.

### Cálculo e Informe

- i) Calcule el equivalente de arena con aproximación a 0.1% como sigue:

$$SE = \frac{\text{Lectura arena}}{\text{Lectura arcilla}} \times 100$$

Donde:

SE: Equivalente de arena expresado en porcentaje

- j) Si el equivalente de arena calculado no es un número entero, considere el entero inmediato superior. Por ejemplo, si el nivel de arcilla fue 8.0 y el nivel de arena fue 3.3, el equivalente de arena calculado será:

$$SE = \frac{3.3}{8.0} \times 100$$

$$SE = 41.2$$

El valor de equivalente de arena calculado no es un número entero y será registrado como el número entero inmediato superior.

- k) Si se desea el promedio de series de valores de equivalente de arena, promediar los valores redondeados determinados como se describe anteriormente. Si el promedio de estos valores no es un número entero, redondear al número entero inmediatamente superior.

## **GRANULOMETRIA**

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

La granulometría de partículas es determinada por un análisis de tamices (o granulometría) efectuado sobre las muestras de agregado. El análisis de tamices consiste en pasar la muestra por una serie de tamices, cada uno de los cuales tiene aberturas de un tamaño específico

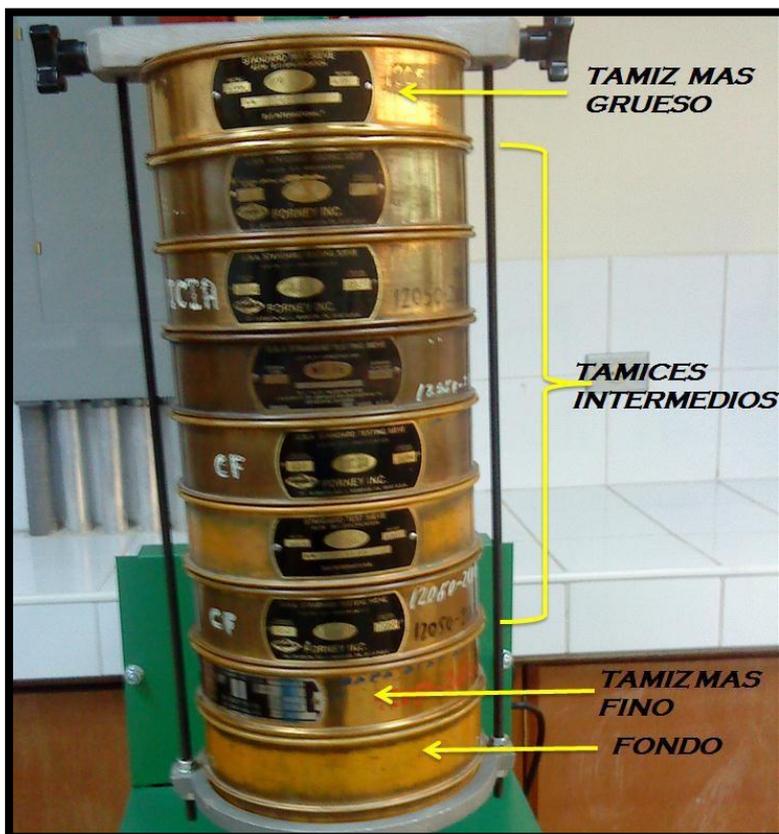
Los tamices están denominados de acuerdo al tamaño de sus aberturas. Las partículas gruesas quedan atrapadas en los tamices superiores; las partículas de tamaño medio pasan a través de los tamices medianos; y las partículas finas pasan a través de los tamices inferiores.

La granulometría del agregado, o graduación de la mezcla, tiene en cuenta el porcentaje (en peso) total de muestra que pasa por cada uno de los tamices. La granulometría es determinada al calcular el peso del contenido de cada tamiz, después de haber efectuado el análisis de tamices. Luego se resta el peso del contenido de cada tamiz del peso total de la muestra.

## **SIGNIFICADO Y USO**

Este método de ensayo se utiliza para determinar la graduación de materiales propuestos para su uso como agregados o que están siendo utilizados como agregados. Los resultados se usan para determinar la conformidad de la distribución por tamaños de partículas con los requisitos aplicables de la especificación requerida y para proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de varios productos de agregados y de mezclas que contengan agregados. Los datos también pueden ser útiles para desarrollar relaciones concernientes a la porosidad y al acomodo de partículas.

La determinación exacta de material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (malla No.200) no puede lograrse utilizando únicamente este método de ensayo. Se debe emplear el método de ensayo de la norma ASTM C 117 para materiales más finos que la malla de 75  $\mu\text{m}$  por lavado.



Tamaño nominal máximo aberturas cuadradas		Masa mínima de la muestra de Ensayo	
mm	pulg.	kg	Lb
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
50,0	2	20	44
63,0	2 1/2	35	77
75,0	3	60	130
90,0	3 1/2	100	220
100	4	150	330
125	5	300	660

## **RESUMEN DEL MÉTODO**

Una muestra de agregado seco de masa conocida es separada a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores, para la determinación de la distribución de tamaño de las partículas. Los resultados se usan para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de las partículas, según los requisitos especificados y para proporcionar información necesaria en el control de la producción de agregados y mezclas que contienen agregados. La información también puede ser usada en el desarrollo de relaciones concernientes a la porosidad y empaque.

## **GRAVEDAD ESPECÍFICA**

Se toma una muestra representativa de agregado fino la cual se sumerge durante 15 horas. Al día siguiente se expande la muestra sobre la superficie de un recipiente o bandeja la cual no es absorbente. Con el secador se le inyecta una corriente de aire hasta conseguir un secado uniforme, la operación es terminada cuando los granos del agregado están sueltos. Luego se introduce la muestra en un molde cónico, se apisona unas 25 veces dejando caer el pisón desde una altura aproximada de 1 cm, posteriormente se nivela y si al quitar el molde la muestra se deja caer es porque no existe humedad libre, si es lo contrario se sigue secando y se repite el proceso hasta que cumpla con la condición. Cuando se cae el agregado al quitar el molde cónico es porque se ha alcanzado una condición saturada con superficie seca.

Se procede a tomar una muestra de 500 gramos del agregado para envasarla en el picnómetro llenándolo con agua a 20°C hasta más o menos 250 cms<sup>3</sup>, luego se hace girar el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire posibles. Se procede a cuantificar el peso del picnómetro en la balanza anotando su respectivo valor.

Al término de este paso, se embaza la muestra en tazas para ser dejadas en el horno por espacio de 24 horas. Y por último, al día siguiente se llevaron las muestras a la balanza y se cuantificó su valor. Se tomaron apuntes.

## **GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.**

Con equivalencia en ASTM: C 128 - 88 (1993)

### **RESUMEN DEL METODO**

Los agregados muestreados sumergirlos en agua por aproximadamente 15 horas hasta llenar esencialmente los poros. Entonces removerlos del agua, secar el agua superficial de las partículas, y pesar. Seguidamente tomar la muestra y pesarla mientras se sumerge en agua. Finalmente, las muestras son secadas en el horno y pesada por tercera vez. Usando la masa y peso de las mediciones obtenidas, y las fórmulas del método, es posible calcular los tres tipos de gravedad específica y la absorción.

### **PESOS UNITARIOS**

En ASTM C 29 se define la densidad total o bruta (bulk density) o peso unitario de los agregados como la masa de un volumen unitario de agregado, en la cual el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre las partículas.

De forma resumida el peso unitario consiste en determinar la densidad total como el resultado de dividir la masa de un agregado en estado seco (en un determinado nivel de consolidación o compactación) y el volumen que éste ocupa incluyendo los vacíos de aire entre partículas y los de absorción y se expresa en lbf/ft<sup>3</sup> (kg/m<sup>3</sup>). Los resultados obtenidos en este ensayo son necesarios para el proporcionamiento de

mezclas de concreto hidráulico y para conversiones masa/volumen en la aceptación de materiales en la obra.

El término común en nuestro medio con el cual se denomina la densidad total en agregados es la determinación de los pesos volumétricos sueltos y varillados del agregado y se abrevian PVS y PVV respectivamente.

El procedimiento de este ensayo consiste en que, en base al tamaño máximo nominal del agregado, de selecciona el volumen mínimo apropiado del molde a utilizar para determinar el peso unitario. Las características geométricas y de espesor del molde están reguladas como se muestran en las tablas 3-1 y 3-2:

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad del depósito	
Pulgadas	mm	pie <sup>3</sup>	L (m <sup>3</sup> )
½	12.5	1/10	2.8 (0.0028)
1	25.0	1/3	9.3 (0.0093)
1 ½	37.5	½	14 (0.014)
3	75	1	28 (0.028)
4	100	2 ½	70 (0.070)
5	125	3 ½	100 (0.100)

**Tabla 3-1: Capacidad del depósito medidor (molde) en función del tamaño máximo nominal del agregado.**

Capacidad del depósito medidor (molde)	Espesor del metal, mínimo		
	Parte inferior	Arriba de 1 ½" o 38 mm	Pared restante
< 0.4 pie <sup>3</sup>	0.20"	0.10"	0.10"
De 0.4 a 1.5 pie <sup>3</sup> (inclusive)	0.20"	0.20"	0.12"
>1.5 a 2.8 pie <sup>3</sup> (inclusive)	0.40"	0.25"	0.15"
> 2.8 a 4.0 pie <sup>3</sup> (inclusive)	0.50"	0.30"	0.20"
11 L	5.0 mm	2.5 mm	2.5 mm
De 11 a 42 L (inclusive)	5.0 mm	5.0 mm	3.0 mm
> 42 a 80 L (inclusive)	10.0 mm	6.4 mm	3.8 mm
> 80 a 133 L (inclusive)	13.0 mm	7.6 mm	5.0 mm

**Tabla 3-2: Requisitos de espesor para depósitos a ser utilizados para la determinación de pesos unitarios**

- Para la realización de los ensayos se tomará tres muestras de 20 kg. de la cantera en estudio (MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO), para cada uno de los ensayos que se realizará (prueba de los ángeles, equivalente de arena, partículas finas y alargadas).

- El resultado de los ensayos se obtendrá en porcentaje para así poder evaluarlos mediante la metodología Marshall.

## 1.2.2 METODO DE DISEÑO MARSHALL

### Metodología

El concepto del método Marshall para diseño de mezclas de pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfaltos del Departamento de Autopistas del estado de Mississippi. El cuerpo de ingenieros de Estados Unidos, a través de una extensiva investigación y estudios de correlación, mejoró y adicionó ciertos aspectos al procedimiento de prueba Marshall y desarrollo un criterio de diseño de mezclas.

El método original de Marshall, sólo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor. El método modificado se desarrolló para tamaños máximo arriba de 38 mm (1.5"). Está pensado para diseño en laboratorio y control de campo de mezclas asfálticas en caliente con graduación densa. Debido a que la prueba de estabilidad es de naturaleza empírica, la importancia de los resultados en términos de estimar el comportamiento en campo se pierde cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar.

El método Marshall utiliza especímenes de prueba estándar de una altura de 64 mm (2 ½") y 102 mm (4") de diámetro. Se preparan mediante un procedimiento específico para calentar, mezclar y compactar mezclas de asfalto-agregado. (ASTM D1559). Los dos aspectos principales del método de diseño son, la densidad-análisis de vacíos y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados.

La estabilidad del espécimen de prueba es la máxima resistencia en N (lb) que un espécimen estándar desarrollará a 60 °C cuando es ensayado. El valor de flujo es el movimiento total o deformación, en unidades de 0.25

mm (1/100") que ocurre en el espécimen entre estar sin carga y el punto máximo de carga durante la prueba de estabilidad.

### **Granulometría**

La metodología Marshall utiliza una gráfica semilogarítmica para definir la granulometría permitida, en la cual en la ordenada se encuentran el porcentaje de material que pasa cierta malla, y en la abcisa las aberturas de las mallas en mm, graficadas en forma logarítmica.

La selección de una curva granulométrica para el diseño de una mezcla asfáltica cerrada o densa, está en función de dos parámetros: el tamaño máximo nominal del agregado y el de las líneas de control (superior e inferior), Las líneas de control son puntos de paso obligado para la curva granulométrica.

### **Especificaciones de la metodología**

La selección del contenido óptimo de asfalto depende de muchos criterios que se discutirán en este capítulo. Un punto inicial para el diseño es escoger el porcentaje de asfalto para el promedio de los límites de vacíos de aire, el cual es 4%. Todas las propiedades medidas y calculadas bajo este contenido de asfalto deberán ser evaluadas comparándolas con los criterios para el diseño de mezclas (Tabla 3.1). Si todos los criterios se cumplen, entonces se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, en caso de que un criterio no se cumpla, se necesitará hacer ajustes, o rediseñar la mezcla.

Tabla 3.1

## Criterio de diseño de mezclas Marshall

Método Marshall	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado	
	Mín	Máy	Mín	Máy	Mín	Máy
Carpeta y base						
Criterio de mezcla						
Compactación, número de golpes en cada uno de los especímenes						
	35					
	50					
	75					
Estabilidad, (N)						
(lb)	3336	5338	8006			
	750	1200	1800			
Flujo, (0.25 mm) (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en los agregados minerales						Ver Tabla 2.2
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	
	75					

Tabla 3.2

## Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA)

Máximo tamaño de partícula nominal      Porcentaje mínimo VMA

Porcentaje diseño vacíos de aire

mm	in	3.0	4.0	5.0
1.18	No.16	21.5	22.5	23.5

<b>2.36</b>	<b>No.8</b>	<b>19.0</b>	<b>20.0</b>	<b>21.0</b>
<b>4.75</b>	<b>No.6</b>	<b>16.0</b>	<b>17.0</b>	<b>18.0</b>
<b>9.53/8.</b>	<b>14.0</b>	<b>15.0</b>	<b>16.0</b>	
<b>12.5</b>	<b>1/2.</b>	<b>13.0</b>	<b>14.0</b>	<b>15.0</b>
<b>19 3/4.</b>	<b>12.0</b>	<b>13.0</b>	<b>14.0</b>	
<b>25 1.0</b>	<b>11.0</b>	<b>12.0</b>	<b>13.0</b>	
<b>37.5</b>	<b>1.5</b>	<b>10.0</b>	<b>11.0</b>	<b>12.0</b>

### **Evaluación y ajustes de una mezcla de diseño**

Cuando se desarrolla una mezcla de diseño, es frecuentemente necesario hacer varias mezclas de prueba para encontrar una que cumpla con todos los criterios de diseño. Cada una de las mezclas de prueba sirve como una guía para evaluar y ajustar las pruebas siguientes. Para diseño de mezclas preliminares o exploratorias, es aconsejable comenzar con una graduación de agregado que se acerque a la media de los límites establecidos. Las mezclas de prueba iniciales sirven para establecer la fórmula de trabajo y verificar que la graduación de agregado dentro de los límites especificados puede ser reproducida en una planta mezcladora.

Cuando las mezclas de pruebas iniciales fallan con los criterios de diseño en cualquier contenido de asfalto seleccionado, será necesario modificar o, en algunos casos, rediseñar la mezcla. Para corregir una deficiencia, la manera más fácil de rediseñar una mezcla es cambiar la graduación de los agregados ajustando los porcentajes utilizados. Frecuentemente este ajuste es suficiente para cumplir con las especificaciones. Si el ajuste de los porcentajes no es suficiente, se deberán realizar serias consideraciones.

Existen lineamientos generales para ajustar las mezclas de prueba, aunque estas sugerencias no funcionan en todos los casos:

### **Vacíos bajos y estabilidad baja**

Los vacíos pueden incrementarse en diferentes formas. Como un acercamiento general para lograr vacíos altos en el agregado mineral (en

consecuencia, proveer de suficientes espacios, para una adecuada cantidad de asfalto y vacíos de aire), la graduación del agregado debe ajustarse mediante la adición de más agregado grueso o fino.

Si el contenido de asfalto es más alto de lo normal y el exceso no es necesario para remplazar el absorbido por el agregado, entonces el contenido de asfalto deberá reducirse a fin de incrementar el porcentaje de vacíos, proveyendo un adecuado VMA. Se deberá recordar que disminuir el porcentaje de asfalto podrá tender a bajar la durabilidad del pavimento. Demasiada reducción en el contenido de asfalto puede ocasionar fracturación, oxidación acelerada e incremento de la permeabilidad. Si los ajustes anteriores no producen una mezcla estable, el agregado tendrá que cambiarse.

Es también posible mejorar la estabilidad e incrementar el contenido de vacíos en el agregado de la mezcla, mediante el incremento del agregado grueso o reducción de la cantidad de material que pasa la malla No. 200. Con la incorporación de arena procesada, el contenido de vacíos puede mejorarse sin sacrificar la estabilidad de la mezcla.

### **Vacíos bajos y estabilidad satisfactoria**

Bajos contenidos de vacíos pueden eventualmente resultar en inestabilidad debido a flujo plástico o después de que el pavimento ha sido expuesto al tránsito por un periodo de tiempo ante la reorientación de las partículas y compactación adicional.

Por su parte, insuficientes vacíos pueden ser producto de la cantidad requerida de asfalto para obtener una durabilidad alta en mezclas finas; sin embargo, la estabilidad es inicialmente satisfactoria por el tránsito específico. Una degradación de agregado pobre durante la producción de la mezcla y/o bajo la acción de tránsito puede ocasionar subsecuentemente inestabilidad y flujo si el contenido de vacíos de la mezcla no es suficiente. Por estas razones, mezclas con vacíos bajos

tendrán que ajustarse por uno de los métodos dados, en el inciso anterior sin importar que la estabilidad inicial sea satisfactoria.

### **Vacíos satisfactorios y estabilidad baja**

La baja estabilidad cuando los vacíos y la graduación del agregado son satisfactorios, puede indicar algunas deficiencias en el agregado. Se deberán tomar consideraciones para mejorar la forma de la partícula de los agregados utilizando material producto de trituración o incrementando el porcentaje de agregado grueso en la mezcla o posiblemente aumentando el tamaño máximo del agregado. Partículas de agregado con textura rugosa y superficies menos redondeadas, presentan más estabilidad cuando se mantiene o incrementa el volumen de vacíos.

### **Vacíos altos y estabilidad satisfactoria**

Altos contenidos de vacíos se asocian frecuentemente con mezclas con alta permeabilidad; al permitir la circulación de aire y agua a través del pavimento pueden ocasionar endurecimiento prematuro del asfalto, desprendimiento del agregado, o posible desprendimiento del asfalto en el agregado. Aun cuando la estabilidad es satisfactoria, se deberán realizar ajustes para reducir los vacíos. Pequeñas reducciones se lograrán mediante la adición de polvo mineral a la mezcla. Podría ser necesario seleccionar o combinar agregados para lograr una graduación, la cual deberá estar cerca de la curva de máxima densidad.

### **Vacíos altos y estabilidad baja**

Se deberán tomar en cuenta dos pasos para este tipo de condiciones; el primero es ajustar el volumen de vacíos mediante los métodos discutidos en los puntos anteriores; y en el segundo, si los ajustes no mejoran la estabilidad, deberá hacer una consideración de la calidad de los materiales.

## **Pruebas a las mezclas asfálticas compactadas**

En el método Marshall se llevan a cabo tres tipos de pruebas para conocer tanto sus características volumétricas como mecánicas.

### **Determinación de la gravedad específica**

La prueba de gravedad específica puede desarrollarse tan pronto como el espécimen se haya enfriado en un cuarto de temperatura. Esta prueba se desarrolla de acuerdo con la Norma ASTM D1188, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas empleando parafina; o ASTM D2726, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas utilizando superficies saturadas de especímenes secos.

Para determinar cuál norma se debe utilizar, se realizarán pruebas de absorción a la mezcla asfáltica compactada; si la absorción es mayor al 2%, se utiliza la Norma ASTM D1188, en caso contrario, se recurre a la Norma ASTM D2726.

### **Prueba de estabilidad y flujo**

Después de que la gravedad específica se ha determinado, se desarrolla la prueba de estabilidad y flujo, que consiste en sumergir el espécimen en un baño María a  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $140\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) de 30 a 40 minutos antes de la prueba.

Con el equipo de prueba listo, se removerá el espécimen de prueba del baño María y cuidadosamente se secará la superficie. Colocándolo y centrándolo en la mordaza inferior, se procederá a colocar la mordaza superior y se centrará completamente en el aparato de carga.

Posteriormente se aplica la carga de prueba al espécimen a una deformación constante de 51mm (5") por minuto, hasta que ocurra la falla. El punto de falla está definido por la lectura de carga máxima obtenida. El número total de Newtons (lb) requeridos para que se produzca la falla del espécimen deberá registrarse como el valor de estabilidad Marshall.

Mientras que la prueba de estabilidad está en proceso, si no se utiliza un equipo de registro automático se deberá mantener el medidor de flujo sobre la barra guía y cuando la carga empiece a disminuir habrá que tomar la lectura y registrarla como el valor de flujo final. La **diferencia entre el** valor de flujo final e inicial expresado en unidades de 0.25 mm (1/100 “) será el valor del flujo Marshall.

### **Análisis de densidad y vacíos**

Después de completar las pruebas de estabilidad y flujo, se realiza el análisis de densidad y vacíos para cada serie de especímenes de prueba. Resulta conveniente determinar la gravedad específica teórica máxima (ASTM D2041) para al menos dos contenidos de asfalto, preferentemente aquellos que estén cerca del contenido óptimo de asfalto. Un valor promedio de la gravedad específica efectiva del total del agregado se calculará de estos valores.

Utilizando la gravedad específica y la gravedad específica efectiva del total del agregado; el promedio de las gravedades específicas de las mezclas compactadas; la gravedad específica del asfalto y la gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica, se calcula el porcentaje de asfalto absorbido en peso del agregado seco, porcentaje de vacíos (Va); porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA) y el porc

El método Marshall fue desarrollado por Bruce Marshall, Ex-Ingeniero de Bitúmenes del Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi.

El Ensayo Marshall, surgió de una investigación iniciada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1943. Varios métodos para el diseño y control de mezclas asfálticas fueron comparados y evaluados para desarrollar un método simple.

Dicho cuerpo de ingenieros decidió adoptar el método Marshall, desarrollarlo y adaptarlo para el diseño y control de mezclas de pavimento bituminoso en el campo, debido, principalmente a que este método utilizaba

equipo portátil. A través de una extensa investigación de pruebas de tránsito, y de estudios de correlación, en el laboratorio, se mejoraron y agregaron ciertos detalles al procedimiento del Ensayo Marshall, y posteriormente se desarrollaron los criterios de diseño de mezclas. Este procedimiento de diseño continúa siendo el principal método utilizado en el país.

Hoy, el pavimento asfáltico es la alternativa más usada en la infraestructura vial del país, razón por la cual es importante conocer y estar al tanto de nuevos avances que permitan incrementar la vida útil y la calidad de este, ya que el país es muy vulnerable a desastres naturales. Los principales factores de daño de las vías son: La lluvia y las elevadas cargas de tránsito dañando las estructuras de pavimento y reduciendo su vida útil, generando mayores gastos para su mantenimiento y reparación.

Para mejorar la calidad de la mezcla asfáltica y mantener su vida útil según se diseñó, mucho tiempo después de la creación del método Marshall, surgió un nuevo método de diseño de mezclas asfálticas en caliente, el cual es conocido a nivel mundial como SUPERPAVE. De los resultados del programa estratégico de investigación de carreteras de los EE. UU, surgieron las especificaciones SUPERPAVE (SUPERior PERFORMANCE Asphalt PAVEMENTS). Creadas por el programa SHRP (Strategic Highway Research Program) o Programa Estratégico de Investigación de Carreteras, desarrollado entre 1987 y 1993 en los Estados Unidos. Parte fundamental del desarrollo del programa es que entre las investigaciones llevadas a cabo revelaron que era necesario:

- a) Cambios completos en especificaciones y ensayos, respecto a los ligantes asfálticos debido a su comportamiento Visco-Elástico
- b) Casi ningún cambio en los ensayos sobre los agregados pétreos (El cambio realizado es en la Curva de Graduación)
- c) Cambios esenciales en los procedimientos para el establecimiento del diseño de una mezcla asfáltica.

Los cambios fueron establecidos en lo que se conoce como SUPERPAVE, que representa un sistema mejorado para el diseño de mezclas

asfálticas en caliente, el cual incluye especificaciones para ligantes asfálticos, equipo y procedimiento de ensayo, criterios de selección de materiales, análisis y diseño de mezclas asfálticas, software de apoyo y modelos de predicción, basados en el comportamiento de los pavimentos asfálticos.

El método original de Marshall, sólo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1"), o menor. El método Marshall modificado se desarrolló para tamaños máximos arriba de 38 mm. (1.5"). El método está pensado para diseño en laboratorio y control de campo de mezclas asfálticas en caliente con graduación densa.

Debido a que la prueba de estabilidad es de naturaleza empírica, la importancia de los resultados en términos de estimar el comportamiento en campo se pierde cuando se realizan modificaciones a los procedimientos estándar.

### 1.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Asfalto.** - El asfalto es una mezcla sólida y compacta de hidrocarburos y de minerales que mayormente es empleada para construir el pavimento de las calzadas.
- **Agregado.** - a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable.
- **Abrasión.** - Proceso para eliminar el material superficial de un sólido mediante fricción de otro sólido o fluido de mayor dureza (abrasivo).
- **Índice de alargamiento.** - La masa del total de las partículas planas expresada como porcentaje del total de la masa seca de las partículas sometidas al ensayo.

- **Índice de aplanamiento.** - El porcentaje en masa de las partículas planas de la fracción.
- **Cantera.** - Se llama cantera a la fuente de aprovisionamiento de suelos y rocas necesarios para la construcción de una obra. Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridas. Dependiendo del tipo de material que se busque, puede ser de suelos, de rocas o mixtas. Es nuestro interés el estudio de las canteras de donde se extrae agregado para la elaboración de asfalto, que requieren agregados con diferentes características y requisitos que iremos analizando de acuerdo a ensayos que forzosamente hay que realizar para determinar si los agregados a emplear son o no aptos para el tipo de obra.
- **Agregado Fino.** - Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas y cumple con la norma NTP – 400.037.

La granulometría del agregado fino empleado en un trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo. El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla. En pastas ricas en material cementante, este porcentaje puede disminuir, mientras que las pastas pobres requieren importante cantidad de material fino.

Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.
- **Agregado Grueso.** -El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

Estará conformado de fragmentos cuyos perfiles sean preferentemente angulares o semi-angulares, limpios, duros, compactos, resistentes y de texturas preferentemente rugosas y libres de material escamoso o partículas blandas. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más de 6% del agregado que pasa la malla ¼".

- **Granulometría.** -se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.
- **Pavimento-** Capa lisa, dura y resistente de asfalto, cemento, madera, adoquines u otros materiales con que se recubre el suelo para que esté firme y llano.
- **Tamiz:** Es el elemento separador, colocado dentro de un marco que puede ser lineal, circular o elíptico, libre o forzado.

#### 1.4 HIPÓTESIS GENERAL

Utilizar del agregado mineral proveniente de la cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO cumplirá con las características físicas y mecánicas en las mezclas asfálticas en caliente según la Metodología Marshall.

##### 1.41 HIPOTESIS ESPECIFICA

Utilizar el agregado mineral proveniente de la cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO cumplirá con la resistencia a la abrasión, finura y material fino en las mezclas asfálticas en caliente según la Metodología Marshall.

## 1.5 DETERMINACIÓN DE VARIABLES

### 1.5.1 Variables Independientes.

- Resistencia a la abrasión del agregado mineral (% de desgaste respecto a una muestra inicial de agregado de 5000 gr.).
- Índice de aplanamiento y alargamiento de agregados.
- Equivalente de arenas y agregados finos (cantidad relativa, finura y características del material fino presente en una muestra de ensayo).

### 1.5.2 Variable dependiente

- Metodología de diseño de mezclas asfálticas - Marshall.
- Impurezas capaces de afectar el buen comportamiento de las capas.
- Degradaciones que puedan sufrir los agregados.
- Granulometría de los agregados.
- Pesos específicos

## 1.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Dimensiones	Indicadores	Índices
Aspecto Físico	Evaluar los valores porcentuales de desgaste del agregado mineral a través del procesamiento de datos estadísticos y posterior determinación de algunos de sus estadígrafos.	%
Aspecto Humano	Determinar la posible alteración de las propiedades del agregado mineral debido a alguna actividad humana.	

<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índices</b>
Aspecto Físico	Evaluar los valores porcentuales por peso de las partículas planas y alargadas (índice de aplanamiento e índice de alargamiento).	%
Aspecto Humano	Determinar la posible alteración de las propiedades del agregado mineral debido a alguna actividad humana.	

<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índices</b>
Aspecto Físico	Evaluar los valores porcentuales de la cantidad relativa, finura y características del material fino presente en una muestra (equivalente de arena).	%
Aspecto Humano	Determinar la posible alteración de las propiedades del agregado mineral debido a alguna actividad humana.	

### **1.7 OBJETIVOS GENERAL.**

- Analizar las propiedades físicas del agregado mineral proveniente de la cantera de MOLINOS- SAN RAFAEL- ALCAS- POZUZO con respecto al diseño de mezclas asfálticas según la Metodología Marshall.

### **1.8 OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Dar a conocer los estudios y características realizados para una mejor utilización de los agregados en una mezcla asfáltica

- Verificar el cumplimiento o no de la de los materiales pétreos según metodología de Marshall.
- Elaborar las pruebas del laboratorio del agregado para mezclas asfálticas en caliente según las normativas técnicas empleadas.

## 1.9 POBLACIÓN Y MUESTRA

La muestra tomado para la presente investigación es la Muestra N° 1 en esencia, un subgrupo de la población. Se puede decir que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus necesidades al que llamamos población. De la población que viene hacer la cantera MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO es conveniente extraer muestras representativas del universo.

En realidad, pocas veces es posible medir a la población por lo que obtendremos o seleccionaremos y, desde luego, esperamos que este subgrupo sea un reflejo fiel de la población.

La selección de la muestra también la podemos ver desde dos puntos de vista: muestra cuantitativa y muestra cualitativa.

La muestra cuantitativa es un subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo en dicha población. Por otra parte, la muestra cualitativa es la unidad de análisis o conjunto de personas, contextos, eventos o sucesos sobre la cual se recolectan los datos sin que necesariamente sea representativo.

### **Selección de la muestra:**

Es la actividad por la cual se toman ciertas muestras de una población de elementos de los cuales vamos a extraer algunos criterios de decisión, el muestreo es importante porque a través de él podemos hacer análisis de situaciones de una empresa o de algún campo de la sociedad. Una muestra debe ser representativa si va a ser usada para estimar las características de la población. Los métodos para

seleccionar una muestra representativa son numerosos, dependiendo del tiempo, dinero y habilidad disponibles para tomar una muestra y la naturaleza de los elementos individuales de la población.

### **1.9.1 Población de estudio**

La población de estudio está conformada por el agregado mineral de la cantera MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO, de la cual se realizarán los siguientes ensayos para poder determinar las propiedades físicas de la cantera.

- Resistencia a la abrasión.
- Índice de aplanamiento y alargamiento de agregados.
- Equivalente de arena y agregado fino.

Ensayos complementarios:

- Peso unitario seco compacto.
- Peso unitario suelto seco.
- Humedad del agregado.
- Gravedad Específica del agregado.
- Absorción del agregado Hormigón.

Que nos permitirá conocer las características físicas de los agregados de la cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO.

### **1.9.2 Muestra**

Las muestras de nuestra investigación es experimental no probabilísticas es cuando la elección de los elementos no depende de la probabilidad,

Nuestra muestra será del tipo NO PROBALISTICA, debido a que nuestra muestra será INTENCIONADA, es una técnica comúnmente usada. Consiste en seleccionar una muestra de la población por el hecho de que sea accesible. Es decir, la muestra empleada en la

investigación se selecciona porque están fácilmente disponibles, no porque hayan sido seleccionados mediante un criterio estadístico.

Esta conveniencia, que se suele traducir en una gran facilidad operativa y en bajos costos de muestreo, tiene como consecuencia la imposibilidad de hacer afirmaciones generales con rigor estadístico sobre la población.

Para la toma de muestra utilizaremos la NTP: 400.010 en la cual se detalla la cantidad, forma y procedimiento correcto de tomar nuestra muestra.(fuente NORMA TECNICA PERUANA).

### **1.9.3 Descripción de la Población:**

La población sobre la que se realizará la generalización será las muestras de agregados de la cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO tomadas el día de la visita de campo.

La muestra se Obtendrá de la cantera de estudio a través de acopio, de tres puntos al azar ubicados en los bancos de material, de 50 kilogramos de cada muestra 10 muestras de 50 kg cada uno. Ubicado entre los puntos de la cantera de Molinos.

#### **Descripción del Procedimiento de Muestreo:**

Tamaño de la muestra: Por tratarse de una muestra del tipo NO PROBALISTICA (Muestra intencionada), esta se compone por todas las muestras de agregados minerales ensayadas, de acuerdo a la cantidad que se necesita para cada ensayo realizado 10 kg de muestra como mínimo.

#### **1.9.4 Ventajas Y Desventajas Del Muestreo**

##### Ventajas

- Se alcanzarán los objetivos planteados fácilmente.
- La información obtenida es confiable.
- El tiempo de ejecución de la investigación se reducirá considerablemente.
- Se reducirán costos en la elaboración de la investigación

##### Desventajas

- La investigación no proporciona información sobre la totalidad de la población.
- Dadas las características de este tipo de muestreo, sus pros y sus contras son evidentes.
- El principal defecto, la falta de representatividad, la imposibilidad de hacer aseveraciones estadísticas sobre los resultados y el riesgo de incurrir en sesgos debido al criterio de muestreo empleado.

## **CAPÍTULO II. MARCO METODOLOGICO**

### **2.1 METODO Y DISEÑO**

#### **2.1.1 METODO DE INVESTIGACION**

El método que se va a utilizar en esta investigación es el METODO DESCRIPTIVO Y EXPERIMENTAL, es una actividad orientada a la obtención de nuevos conocimientos y, por esa vía, ocasionalmente dar solución a problemas o interrogantes de carácter científico, por el hecho que formula, precisa y especifica un problema, en nuestro caso es la “VERIFICACION DE PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO SEGÚN DISEÑO DE MARSHALL”.

Luego propone una hipótesis general la cual es: “Cumplirá con la resistencia a la abrasión el agregado mineral, la finura y característica del material fino, las partículas planas y alargadas del agregado mineral proveniente de la cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO con el requerimiento de diseño de mezclas asfálticas según la Metodología Marshall” y continua con hipótesis específicas.

Luego somete a la hipótesis y no la declara verdadera hasta confirmarla satisfactoriamente con una contrastación rigurosa para poder verificar las ideas y los ensayos que se realizaron con los resultados.

### 2.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN



- Investigación bibliográfica de los manuales y ensayos dados por el MTC sobre mezclas asfálticas y pavimentos, usaremos las normas técnicas peruanas, normas ASTM y también las normas AASTHO.
- Identificación de la situación actual de la cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZUO, haciendo las medidas correspondientes e inspeccionando el área de estudio, viendo las rutas de acceso, topografía.
- Visitar la zona del proyecto de investigación para observar diferentes características tales como alteración de patrones naturales, volúmenes de cantera, homogeneidad del material, cualquier reacción con algún agente químico, que se pueda presentar en la zona.
- Realizar ensayos de granulometría, densidad y absorción del agregado, equivalente de arena del agregado fino, desgaste del agregado grueso, el laboratorio para determinar las características físicas de las muestras de material existente de la cantera.
- Terminando de realizar los ensayos respectivos realizar las Conclusiones y recomendaciones de nuestra investigación, para dar a conocer nuestros resultados y poder comprobar nuestra hipótesis.
- Elaboración del informe final que constara de los ensayos hechos en los laboratorios con respectivas hojas de cálculo, procedimientos realizados, medias a tomar en cuenta, fichas de control y todo lo necesario para que nuestra investigación sea comprendida y sustentada
- Para el presente desarrollo del presente tema de tesis se seguirá paso a paso los ítems descritos anteriormente. Los tiempos de ejecución de cada uno están descritos en el cronograma de acciones.

## 2.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

### 2.2.1 TIPO DE INVESTIGACION

➤ SEGÚN EL TIEMPO DE OCURRENCIA:

La investigación es PROSPECTIVO, ya que los datos serán tomados según sean realizadas las pruebas al material de la Cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO.

➤ SEGÚN EL PERIODO Y SECUENCIA DE ESTUDIO:

La investigación es TRANSVERSAL, debido a que las variables son medidas en una sola ocasión, es decir en el momento en el que se realizan las pruebas de laboratorio al material de la Cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO.

➤ SEGÚN LAS VARIABLES

La investigación es DESCRIPTIVA sirven para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes en nuestra investigación viene a ser el agregado mineral de la cantera. Permiten detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos su interrelación.

La investigación también es de tipo Experimental porque deseamos comprobar los efectos de una intervención específica, en este caso el investigador tiene un papel activo, pues lleva a cabo una intervención.

En los estudios experimentales el investigador manipula las condiciones de la investigación, es el investigador el que decide la exposición. Presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular y iniciaremos con los registros y su interpretación, para la corroboración de los parámetros establecidos por la Metodología Marshall. Los valores serán sometidos

al procesamiento de datos para variables continuas. Posteriormente incidiremos con las conclusiones obtenidas a partir de la muestra.

### **2.2.2 NIVEL DE INVESTIGACION**

A continuación, se establece el nivel de investigación CUANTITATIVO porque no permite por este estudio a poder comparar los resultados obtenidos del diseño de la mezcla asfáltica y así poder establecer sus características mecánicas y sus proporciones.

Este proyecto de tesina es de nivel descriptivo- experimental - exploratorio, que tiene como finalidad, la verificación de las propiedades físicas del agregado mineral de la cantera MOLINOS- San Rafael-Alcas Pozuzo.

Con este estudio se quiere saber si el agregado mineral cumple con los requisitos según el diseño de Marshall y así más adelante poder estar en uso para las diferentes obras de pavimentación de la zona.

Los valores serán sometidos al procesamiento de datos para variables continuas.

La investigación será de tipo descriptivo porque se usaran las normas y reglamentos para aplicarlos en diseño de mezclas asfálticas en vías de pavimento flexible para el beneficio de toda la zona de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO y lugares cercanos.

La investigación también será experimental porque es un tipo de investigación que bien utiliza experimentos y los principios encontrados en el método científico. Los experimentos pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o fuera de él, en nuestro caso se llevará la muestra a los laboratorios pertinentes.

El nivel también es de carácter Exploratorio, porque tienen como propósito “examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se han abordado antes, como es la verificación de las propiedades físicas de la cantera en estudio.

Este tipo de estudio permite acercarse al tema poco estudiado o desconocido y preparar el terreno para posteriores investigaciones de las demás canteras cercanas de la zona.

## **2.3 TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS**

### **2.3.1 FUENTES, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

**Fuentes primarias:** **datos** recopilados de las salidas al campo que permitirán registrar la mayor cantidad de variedad de características internas y externas de la cantera y los datos determinados en el laboratorio mediante los procedimientos adecuados.

**Fuentes secundarias:** libros, revistas, manuales del ministerio de transporte y comunicaciones, tesis, normas ASTM, normas técnicas peruanas, material electrónico.

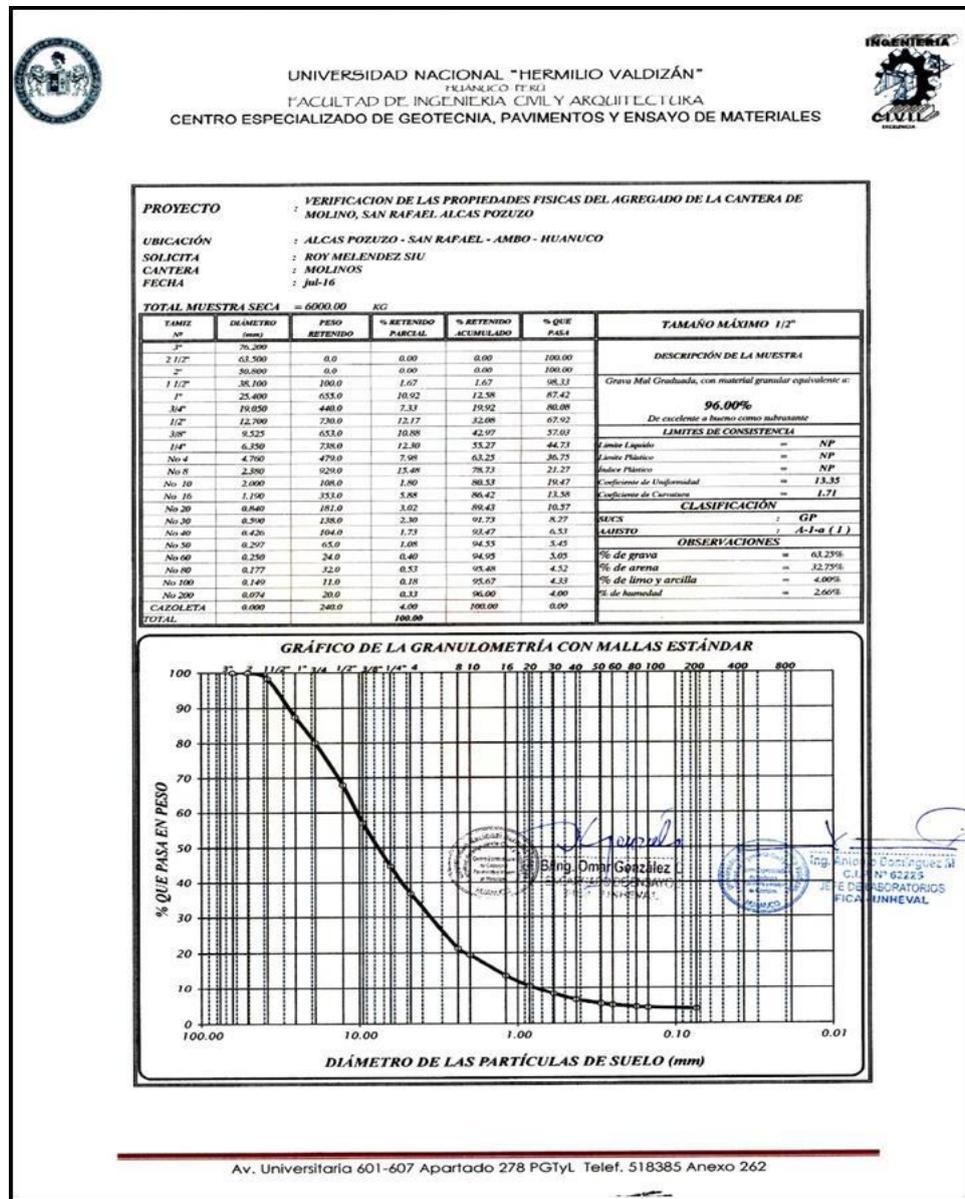
### **2.3.2 PROCESAMIENTO Y REPRESENTACIÓN DE DATOS**

Esta fase es fundamental para la obtención de los datos que posibilitan la realización de las fases posteriores. La calidad de los resultados que se obtengan está íntimamente ligada a la calidad de los datos que se recojan. Es por esta razón que se debe tener especial cuidado con las fuentes documentales, así como con las técnicas de recogida de datos que se utilicen, siendo muy críticos y realizando tantas medidas de comprobación como sea posible.

Los procesamientos de datos REALIZADOS FUERON:

- 1.- ENSAYO DE GRANULOMETRIA
- 2.-ENAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA
- 3.-ENASAYO DE DETERMINACION DE PARTICULAS PALNAS Y ALARGADAS
- 4.- ENSAYO PARA LA DETERMIANCION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO Y FINO

## a) ENSAYO DE GRANULOMETRIA



### a.1.) ANALISIS GRANULOMETRICO

Efectuadas las pruebas granulométricas de las muestras de la cantera para los agregados pétreos, es importante analizar e interpretar los resultados obtenidos, los cuales se deben comparar con los parámetros señalados en las

Especificaciones la cual establece los límites de las granulometrías tanto para las mezclas Grava-Emulsión empleadas para la metodología de Marshall.

En la Tablas se presentan los límites de las gradaciones. El agregado pétreo por estabilizar deberá presentar una gradación que cumpla con alguna de las granulometrías mostrada en la tabla.

A continuación, se presenta la tabla con los límites de gradación empleados en el diseño Grava-Emulsión para bases estabilizadas con emulsión asfáltica según método de Marshall

**TABLA 4.1 Límites de Gradación de Agregados Pétreos**

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
Normal	Altemo	BEE-1	BEE-2
37.5 mm	1 ½"	100	-
25 mm	1"	70 - 100	100
12.5 mm	½"	50 - 80	60 - 90
9.5 mm	3/8"	45 - 75	50 - 80
4.75 mm	Nº 4	30 - 60	30 - 60
2.36 mm	Nº 8	20 - 45	20 - 45
425 µm	Nº 40	10 - 27	10 - 27
150 µm	Nº 100	5 - 18	5 - 18
75 µm	Nº 200	3 - 15	3 - 15

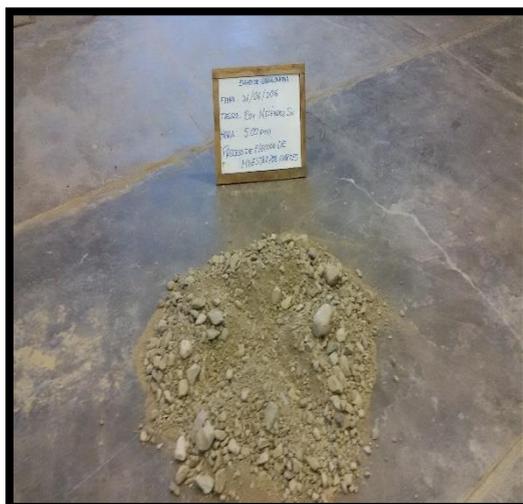


FOTO DE LA MUESTRA EN ESTUDIO

**TOTAL MUESTRA SECA = 6000.00 KG**

TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	100.0	1.67	1.67	98.33
1"	25.400	655.0	10.92	12.58	87.42
3/4"	19.050	440.0	7.33	19.92	80.08
1/2"	12.700	730.0	12.17	32.08	67.92
3/8"	9.525	653.0	10.88	42.97	57.03
1/4"	6.350	738.0	12.30	55.27	44.73
No 4	4.760	479.0	7.98	63.25	36.75
No 8	2.380	929.0	15.48	78.73	21.27
No 10	2.000	108.0	1.80	80.53	19.47
No 16	1.190	353.0	5.88	86.42	13.58
No 20	0.840	181.0	3.02	89.43	10.57
No 30	0.590	138.0	2.30	91.73	8.27
No 40	0.426	104.0	1.73	93.47	6.53
No 50	0.297	65.0	1.08	94.55	5.45
No 60	0.250	24.0	0.40	94.95	5.05
No 80	0.177	32.0	0.53	95.48	4.52
No 100	0.149	11.0	0.18	95.67	4.33
No 200	0.074	20.0	0.33	96.00	4.00
CAZOLETA	0.000	240.0	4.00	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>			<b>100.00</b>		

TABLA DE RESULTADOS

b) EQUIVALENTE DE ARENAS. (ASTM D-2419 AASHTO T-176)

	UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZÁN" HUANUCO-PERÚ FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES																
<b>VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL</b> <b>PROYECTO : AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL</b> <b>ALCAS POZUZO</b>																	
<b>UBICACIÓN : ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO</b>																	
<b>CANTERA : MOLINOS</b>																	
<b>SOLICITA : ROY MELENDEZ SIU</b>																	
<b>FECHA : JULIO DEL 2016</b>																	
<b>EQUIVALENTE ARENA</b> AASHTO T-176																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NUMERO DE MUESTRA</th> <th>M 1</th> <th>M 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LECTURA DE LA ARCILLA(A)</td> <td>4,5</td> <td>4,9</td> </tr> <tr> <td>LECTURA DE LA ARENA(B)</td> <td>4,0</td> <td>4,1</td> </tr> <tr> <td>EQUIVALENTE ARENA (EA=B/A*100)</td> <td>89,0</td> <td>84,0</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>PROMEDIO</b></td> <td style="text-align: center;"><b>87,00</b></td> </tr> </tbody> </table>	NUMERO DE MUESTRA	M 1	M 2	LECTURA DE LA ARCILLA(A)	4,5	4,9	LECTURA DE LA ARENA(B)	4,0	4,1	EQUIVALENTE ARENA (EA=B/A*100)	89,0	84,0	<b>PROMEDIO</b>		<b>87,00</b>		
NUMERO DE MUESTRA	M 1	M 2															
LECTURA DE LA ARCILLA(A)	4,5	4,9															
LECTURA DE LA ARENA(B)	4,0	4,1															
EQUIVALENTE ARENA (EA=B/A*100)	89,0	84,0															
<b>PROMEDIO</b>		<b>87,00</b>															
  <b>Billing Omar González C</b> ENCARGADO DE ENSAYOS F.I.C. - UNHEVAL	  <b>Ing. Antonio Dominguez M</b> C.I.P. N° 62225 JEFE DE LABORATORIOS FICA - UNHEVAL																
<hr/> Av. Universitaria 601-607 Apartado 278 PGTYL. Telef. 518385 Anexo 262																	

**b.1) ANÁLISIS DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS**

- Este ensayo permite determinar de una manera rápida la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos. Se preparó debidamente la muestra de suelo, y se calculó la porción de muestra adecuada, luego se colocó la muestra en una probeta con una solución normalizada, cuyo objeto es dispersar las partículas del suelo, al cabo de un tiempo se procedió a agitar manualmente la muestra. Tras agitarla enérgicamente, se dejó reposar el conjunto, formándose rápidamente un depósito sólido en el fondo. Al cabo de un tiempo, se determinó las alturas de la arcilla floculada y de la arena en el cilindro. El equivalente de arena es la relación entre las alturas de arena y arcilla, expresada en porcentaje.



FOTOS DEL ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA



FOTO DE APUNTE DE RESULTADOS

c) **ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS. (ASTM D-4719)**

	UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN" <small>HUANUCO - PERÚ</small> FACULTAD DE INGENIERIA, CIVIL Y ARQUITECTURA CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
<p><b>VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL</b>  <b>PROYECTO : AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL</b>  <b>ALCAS POZUZO</b></p> <p><b>UBICACIÓN : ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO</b>  <b>CANTERA : MOLINOS</b>  <b>SOLICITA : ROY MELENDEZ SIU</b>  <b>FECHA : JULIO DEL 2016</b></p>				
<p><b>DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS PLANAS, PARTÍCULAS ALARGADAS O</b>  <b>PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO.</b></p>				
ASTM D 4791				
TAMIZ Nº	DIAMETRO (mm)	% PARTICULAS APLANADAS	% PARTICULAS ALARGADAS	% PARTICULAS ACMOTADAS/ALARGADAS
3"	76.200	0.00	0.00	0.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.100	6.50	5.80	12.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00
3/4"	19.050	4.50	3.80	10.00
1/2"	12.700	3.60	2.50	8.80
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00
No 4	4.760	0.00	0.00	0.00

  
 Ing. Omar González C  
 ENCARGADO DE ENSAYOS  
 FICA - UNHEVAL

  
 Ing. Antonio Domínguez M  
 C.I.P. N° 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FICA - UNHEVAL

Av. Universitaria 601-607 Apartado 278 PGIyL Telef. 518385 Anexo 262

**c.1. ANÁLISIS DE ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS.**

- Partículas planas o alargadas de agregados – Son aquellas partículas de agregado que tienen una relación ancha/espesor o longitud/ancho mayor que un valor especificado.
- En algunos usos de construcción las partículas planas o alargadas de agregados, pueden interferir en la compactación y dificultar la colocación el material.
- Este método de ensayo provee un mecanismo para verificar el cumplimiento de las especificaciones que limitan tales partículas o para determinar las características de forma relativa de agregados gruesos.

• **ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO Y FINO. (ASTM-127)**

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"</b> <small>HUANUCO - PERÚ</small> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES			
		PROYECTO: VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL ALCAS POZUZO  UBICACIÓN: ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO CANTERA: MOLINOS SOLICITA: ROY MELENDEZ SIU FECHA: jul-16			
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b> ASTM C 127					
<b>I. DATOS</b>				1	2
1	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (B)	gr	5797.60		
2	Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	0.00		
3	Peso de la Muestra Saturada + Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	5797.60		
4	Peso de la Muestra Saturada Sumergida (C)	gr	3636.20		
5	Peso de la Tara	gr	0.00		
6	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	5768.20		
7	Peso de la Muestra Seca (6-5) (A)	gr	5768.20		
<b>II. RESULTADOS</b>					
8	Peso Especifico Aparente ((A/B-C))	gr/cm <sup>3</sup>	2.67		
9	Peso Especifico Aparente (S.S.S) ((A/B(B-C)))	gr/cm <sup>3</sup>	2.67		
10	Peso Especifico Nominal ((A/(A-C)))	gr/cm <sup>3</sup>	2.71		
11	Porcentaje de Absorción ((B-A)/A)*100	%	0.51		



Billing Jara Gonzalez  
ENCARGADO DE ENSAYOS  
F.F. UNHEVAL



Ing. Antonio Dominguez M.  
C.A.P. N° 62225  
JEFE DE LABORATORIOS  
FICA - UNHEVAL

Av. Universitaria 601-607 Apartado 278 PGTYL Telef. 518385 Anexo 262

#### **d.1.) ANÁLISIS DE ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA DE GRUESOS Y FINOS**

- El peso específico de un agregado (también conocido como gravedad específica) es la proporción entre el peso de un volumen dado de agregado y el peso de un volumen igual de agua. El peso específico es una forma de expresar las características de peso y volumen de los materiales. Estas características son especialmente importantes en la producción de mezclas de pavimentación debido a que el agregado y el asfalto son proporcionados, en la mezcla, de acuerdo al peso. Una tonelada de agregado de bajo peso específico tiene un volumen mayor (ocupa más espacio) que una tonelada de agregado con un peso específico más alto. Por consiguiente, para poder cubrir todas las partículas de agregado, más asfalto debe ser adicionado a una tonelada de agregado con bajo peso específico (mayor volumen) que a una tonelada de agregado con un peso específico más alto (menos volumen).
- Otra razón importante por la cual es necesario conocer el peso específico de los agregados usados es: que este ayuda en el cálculo de porcentaje de vacíos de aire (espacios de aire) de las mezclas compactadas. Todas las mezclas de pavimentación deben incluir un cierto porcentaje (en volumen) de vacíos o espacios de aire. Estos espacios desempeñan una labor importante en el pavimento terminado. La única manera de calcular el porcentaje de vacíos de aire en un volumen dado de mezcla de pavimentación es midiendo el peso específico de una muestra de la mezcla de pavimentación y luego restando, de su valor, los pesos específicos del agregado y el asfalto que conformará la mezcla. El resultado es una indicación del volumen de vacíos de aire en la muestra.
- Todos los agregados son hasta cierto punto porosos. Se ha desarrollado tres tipos de peso específico para tener en cuenta

la porosidad del agregado, debido a que esta afecta la cantidad de asfalto que se requiere para cubrir las partículas de agregado y también el porcentaje de vacíos de aire en la mezcla final.

- El peso específico total de una muestra incluye todos los poros de la muestra. El peso específico aparente no incluye, como parte del volumen de la muestra, los poros y espacios capilares que se llenarían de agua al saturar la muestra. El peso específico efectivo excluye, del volumen de la muestra, todos los poros y espacios capilares que absorben asfalto. Ninguna de estas suposiciones excepto en casos muy raros, es verdadera sin embargo, el peso específico efectivo, el cual discrimina entre poros permeables al agua y poros permeables al asfalto, es el que más se acerca al valor correcto que debe ser usado en los cálculos de mezclas asfálticas.
- Se puede ver en la tabla de resultados que la densidad relativa de nuestra muestra de finos es de 2.65 el rango de aceptación de agregados finos es de 2.21 a 2.67 como podemos observar nuestro material está casi en el margen mínimo de aceptación.
- La absorción que presento el agregado fino fue de 1.26% y el rango de aceptación es de 0% a 5% lo cual implica que nuestra muestra está dentro del rango permitido y cumple con las especificaciones.

**d) ENSAYO DE ABRASION POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C-131 y ASTM C-535, NTP.400.019**



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZÁN"

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO : VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL ALCAS POZUZO  
 UBICACIÓN : ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO  
 CANTERA : MOLINOS  
 SOLICITA : ROY MELENDEZ SIU  
 FECHA : JULIO DEL 2016

**ENSAYO DE LOS ANGELES**

ASTM C 131  
 A44SH80 T-96

TIPO DE ENSAYO "A"

PESO INICIAL		PESO FINAL	
Peso de la Muestra Inicial		Peso Final de la Muestra	
Pasa el Tamiz	Retenido en el tamiz	Peso (gr)	Nro de Tamiz
1 1/2"	1"	1250.0	Tamaño de abertura
1"	3/4"	1250.0	Peso (gr)
3/4"	1/2"	1250.0	
1/2"	3/8"	1250.0	
<b>PESO TOTAL</b>		<b>5000.0</b>	<b>N° 12 (1.70mm)</b>
		<b>4009.00</b>	

Nº de esferas : 12.0

Nº de revoluciones: 500.0

Velocidad: 33.0 RPM

Desgaste de los agregados: 19.82%



ANTES DEL ENSAYO



DESPUES DEL ENSAYO

Ing. Antonio Domínguez M  
 C.I.P. N° 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FICA - UNHEVAL

Biling. Omar González C  
 ENCARGADO DE ENSAYOS  
 FICA - UNHEVAL

**a.1) ENSAYO DE ABRASION POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES ASTM C-131 y ASTM C-535, NTP.400.019**

- La resistencia mecánica del esqueleto mineral es un factor predominante en la evolución del comportamiento de una capa de firme después de puesta en servicio. La evaluación de dicha resistencia se realiza mediante diversos ensayos de laboratorio; sin embargo, ninguno de ellos caracteriza el estado tensional del agregado en el conjunto del firme. Se realiza una serie de ensayos que tienden a reproducir en laboratorio de manera más sencilla el comportamiento que luego tendrán los agregados en servicio, para ello se preparan las muestras con granulometría próximas a las que van a estar en obra, sometiéndolas a un desgaste que, de forma indirecta, proporciona información de la resistencia mecánica del material. La prueba de los ángeles es un ejemplo de este tipo de ensayos.
- Los agregados deben de ser capaces de resistir la abrasión y degradación durante la producción, colocación, compactación de la mezcla de pavimentación y durante la vida de servicio del pavimento. Los agregados que están en o cerca de la superficie, deben tener mayor resistencia que los agregados usados en las capas inferiores de la estructura del pavimento esto se debe a que las capas superficiales reciben los mayores esfuerzos y el mayor desgaste por parte de las cargas de tránsito.

### Requerimientos para los Agregados Finos de Mezclas Asfálticas en Caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	Según Tabla 13	
Angularidad del agregado fino	MTC E222-2000	Según Tabla 14	
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E220-2000	4 % mínimo	6 % mínimo
Índice de Durabilidad	MTC E214-2000	35 mínimo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	Máximo 4	NP
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	NTP 400.022:2002	0,50 %	Según Diseño

### Requerimientos para los Agregados Gruesos de Mezclas Asfálticas en Caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnmm)	
		< 3000	> 3000
Pérdida en Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	12 % máximo	10 % máximo
Pérdida en Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	18 % máximo	15 % máximo
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	40 % máximo	35 % máximo
Índice de Durabilidad	MTC E214-2000	35 % mínimo	
Partículas chatas y alargadas *	NTP 400.040:1999	15 % máximo	
Partículas fracturadas	MTC E210-2000	Según Tabla 12	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0,5 % máximo	
Absorción	NTP 400.021:2002	1,00 %	Según Diseño
Adherencia	MTC E519-2000	+ 95	

\* La relación a emplearse para la determinación es: 5/1 (ancho/espesor o longitud/ancho)

## **CAPITULO III**

### **DISCUSION DE RESULTADOS**

#### **3.1 CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO CON LOS REFERENTES BIBLIOGRAFICOS DE LAS BASES TEORICAS**

Esta investigación involucra una revisión bibliográfica de varios autores, abarcando cada una de las variables estudiadas como son las propiedades físicas del agregado mineral de la cantera de Molinos ubicada en San Rafael –Alcas –Pozuzo.

Para este estudio de verificación de propiedades físicas, se tuvieron en cuenta los conceptos dados por los autores de libros sobre ingeniería de pavimentos, mezclas asfálticas, normas como ASTM, AASHTO, NTP. Con respecto a las propiedades físicas de los agregados de la zona, no existen muchos trabajos conocidos en torno a este tema en particular, la mayoría de las investigaciones trabajan con investigaciones de canteras conocidas y no de forma específica.

Teniendo en cuenta los aspectos antes mencionados la metodología que se ha empleado para este trabajo de investigación se puede notar que la muestra tomada se encuentra casi en su mayoría dentro de los límites establecidos según el método de Marshall, permitiendo que se pueda utilizar dicha cantera para trabajos de infraestructura vial más adelante.

#### **4.1. CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS**

Al evaluar dichas propiedades físicas del agregado de nuestra cantera se puede afirmar que nuestra cantera cumple con los requisitos establecidos para emplear la metodología de Marshall para el diseño de mezclas asfálticas.

Siendo esta óptima para su aprovechamiento y explotación de dicho material para la zona especialmente para infraestructura vial.

## 5. CONCLUSIONES

De la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

- Se tiene en cuenta también su clasificación según SUCS que vendría a ser un tipo de suelo GP (grava mal graduada, con material granular equivalente con poca presencia de finos) y según AAHSTO tendría una clasificación A-1-a(1) (gravas y arenas), con un 63.25% de grava, 32.75% de arena y un 4.00% de limo y arcilla.
- De igual manera se tiene un 2.66% de humedad.
- En vista de los resultados del análisis granulométrico obtenido se puede verificar que el material empleado es apto para ser usado en el diseño de la mezcla Grava–Emulsión, porque este cumple con los límites granulométricos establecidos por la especificación.
- Según los resultados obtenidos el índice de arenas de nuestra muestra llega a un porcentaje de 87% lo que quiere decir que se encuentra óptimo para el uso de mezclas asfálticas según Marshall, porque según definiciones nos pide como mínimo un 45% y un máximo de 100%.
- El tamaño mínimo del agregado que se utiliza con este método de ensayo es de  $\frac{1}{4}$ .
- Por concerniente y por la norma establecida el máximo porcentaje de partículas alargadas y planas son de un 15%, por lo tanto, según resultados obtenidos nuestro rango se encuentra en un 4.86% en partículas planas, en un 4.03% en partículas alargadas y en un 10.1% las partículas achatadas y alargadas.
- En general se podría decir que las partículas alargadas o aplanadas se encuentran en proporción pequeña en el agregado y por tanto este no presentaría problemas en la compactación. Se podría pensar además

que la fractura de las partículas aplanadas y alargadas, con su consecuente aumento de partículas finas no afectaría enormemente las propiedades y comportamiento del conjunto de agregados.

- La densidad relativa aparente del fino es de 2.74 esta densidad define que tan poroso está la materia mientras mayor sea su densidad aparente menor será los huecos que presente el agregado.
- Se puede observar en la tabla los resultados del peso específico de 2.67 el rango de aceptación de los agregados gruesos es de 2.33% a 2.75 por lo que cumple satisfactoriamente con lo requerimientos de diseño.
- Con respecto a la absorción del agregado grueso nos indica que el porcentaje tiene que ser mayor a 1.00%, por lo que podemos observar que nuestra muestra alcanza 0.51% lo cual no cumple con los requisitos establecidos, pero se recomienda que se puedan mezclar con otro tipo de material para poder levantar dicho porcentaje.
- Según el método de Marshall el valor máximo que debe dar es 40% y según los resultados del cuadro nos da un porcentaje de 19.82% lo cual nos indica que nuestro material de la cantera está dentro del rango especificado y por lo tanto se puede utilizar para uso con asfalto
- Teniendo en cuenta la caracterización física y posterior análisis de resultados anteriormente descritos, se establece que las muestras estudiadas se encuentran dentro de los parámetros exigidos por las especificaciones

- **ESPECIFICA:**

A la hora de realizar el ensayo para determinar el índice de alargamiento y el índice aplanamiento se logró el debido manejo de los calibradores para determinar estos, siguiendo debidamente lo estipulado en la norma obteniendo resultados esperados y además por medio de este procedimiento se logró conocer la manera más sencilla y eficaz de cómo saber cuándo una partícula de agregado grueso es alargada o es aplanada.

Se cumplieron todos los objetivos propuestos que fueron de verificar el cumplimiento o no de las características físicas (resistencia a la abrasión, equivalente de arena y/o índice de aplanamiento y alargamiento, granulometría) con respecto a lo establecido en el diseño de mezclas asfálticas (metodología Marshall).

## 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mejorar el aspecto de absorción del agregado grueso mediante la combinación de otro material para aumentar el porcentaje de absorción.
- Se debería tener en cuenta la posibilidad del estudio explotación de dicha cantera y el control absoluto del material para la realización de obras civiles especialmente las de infraestructura vial.
- Con la proyección vehicular y económica, que se observa en la zona se recomienda el uso de dicha cantera.
- La presente investigación puede ser complementada utilizando un mayor número de muestras, las cuales difieren de la fuente de material u otros lugares de la zona tipo de material (empleo en estructuras de pavimento) y materiales alterados física o mecánicamente.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ✓ The Asphalt Handbook. The Asphalt Institute, Manual de Series N°4 (MS-4) 1989 Edition
- ✓ Antecedentes del Diseño y Análisis de Mezclas Asfálticas de Superpave. National Asphalt Training Center. Demonstration project 101. Publication N° FHWA-SA-95-003. February 1995.
- ✓ Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. Asphalt Institute Serie de Manuales N° 22 (MS-22), 1992
- ✓ Manual Básico de Emulsiones Asfálticas Manual de Series N°19. The Asphalt Institute and Asphalt Emulsion Manufacturers Association.
- ✓ Dirección General de Caminos-Oficina de Control de Calidad, Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. Primera Reunión de Capacitación y Coordinación Técnica de la DGC AF-2000
- ✓ Especificaciones Técnicas Asfaltos Petroperú S.A. IV Congreso Nacional de Asfaltos, Agosto 2000
- ✓ Los Asfaltos, Tecnología y Aplicaciones. Ing. Ricardo E. Bisso Fernández. Editado por Petróleos del Perú – Petroperú S.A., Noviembre 1998
- ✓ Diseño de Espesores Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras. Ing. Germán Vivar R.
- ✓ Estructuración de Vías Terrestres. M. en I., I.C. Fernando Olivera Bustamante, Segunda Edición, 1996
- ✓ Vías de Comunicación. Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. Ing. Carlos Crespo Villalaz. Editorial Limusa, S.A. de C.V. grupo Noriega Editores Tercera Edición 1996
- ✓ Estructuración de Vías Terrestres. M. en I., I.C. Fernando Olivera Bustamante, Vías terrestres y pavimentos Facultad de Ingeniería, UNAM. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México. Segunda edición 1996.

- ✓ Resistencia al Desgaste de los Agregados de Tamaños menores de 37.5 mm (1 ½") ASTM C-131
- ✓ Resistencia al Desgaste de los Agregados Gruesos de Tamaños mayores de 19 mm ( 3 /4") por medio de la Máquina de Los Ángeles ASTM C-535
- ✓ Abrasión Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.5 mm (1½"). Norma MTC E207-1999.
- ✓ Diseño de Espesores Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras.  
Ing. Germán Vivar R.

## 8. ANEXOS

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

TIULO: "VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO MINERAL DE LA CANTERA DE MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO SEGÚN LA METODOLOGIA DE DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS MARSHALL-HUANUCO-2010"

<u>PROBLEMA GENERAL</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPOTESIS GENERAL</u>	<u>VARIABLES</u>
<p>Es posible que el valor proporcionado por las propiedades físicas de los agregados de la cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO cumpla con el requerimiento establecido por el diseño de la mezcla asfáltica según la metodología Marshall.</p>	<p>Analizar las propiedades físicas del agregado mineral proveniente de la cantera de MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO con respecto al diseño de mezclas asfálticas según la metodología Marshall</p>	<p>Conocer las propiedades físicas del agregado mineral proveniente de la cantera (La resistencia a la abrasión del agregado mineral, la finura y características del material fino, las partículas planas y alargadas del agregado mineral) MOLINOS-SAN RAFAEL-ALCAS-POZUZO verificado con el requerimiento del diseño de mezclas asfálticas según la metodología Marshall.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia a la abrasión del agregado mineral (% de desgaste respecto a una muestra inicial de agregado de 5000 gr.).</li> <li>- Índice de aplanamiento y alargamiento de agregados.</li> <li>-Equivalente de arenas y agregados finos (cantidad relativa, finura y características del material fino presente en una muestra de ensayo).</li> <li>-Metodología de diseño de mezclas asfálticas - Marshall.</li> <li>-Evaluación de la naturaleza petrográfica de los agregados, grado de alteración de los componentes minerales, porosidad</li> <li>-Angulosidad de las partículas; con relación al conjunto del esqueleto mineral se distribución granulométrica.</li> </ul>

## **7.1 PANEL FOTOGRAFICO**

	FOTOS DEL LUGAR DE CANTERA
	CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	FOTOS DEL LUGAR DE CANTERA
	CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO





FOTOS DEL LUGAR DE CANTERA

CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



FOTOS DEL LUGAR DE CANTERA

CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO





### FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE GRANULOMETRIA  
PREPARACION DE LA MUESTRA –CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -  
POZUZO



### FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE GRANULOMETRIA  
PREPARACION DE LA MUESTRA POR CUARTEO –CANTERA- DE MOLINOS- SAN  
RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE GRANULOMETRIA</b> <b>PREPARACION DE LA MUESTRA LAVADO DE LA MUESTRA -CANTERA- DE MOLINOS-</b> <b>SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE GRANULOMETRIA</b> <b>PREPARACION DE LA MUESTRA- LAVADO DE LA MUESTRA -CANTERA- DE MOLINOS-</b> <b>SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE GRANULOMETRIA</b> <b>PREPARACION DE LA MUESTRA- LAVADO DE LA MUESTRA –CANTERA- DE MOLINOS-  SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE GRANULOMETRIA</b> <b>PREPARACION DE LA MUESTRA- SECADO DE LA MUESTRA MEDIANTE MUESTRA –  CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO DE GRANULOMETRIA PREPARACION DE LA MUESTRA- SECADO DE LA MUESTRA -CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO DE GRANULOMETRIA PREPARACION DE LA MUESTRA- PESANDO LA MUESTRA -CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO





## FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE GRANULOMETRIA  
PREPARACION DE LA MUESTRA- PROCESO DE TAMIZADO -CANTERA DE MOLINOS-  
SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



## FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE GRANULOMETRIA  
PREPARACION DE LA MUESTRA- PESANDO LA MUESTRA -CANTERA- DE MOLINOS-  
SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES PREPARACION DE LA MUESTRA-CANtera- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS - POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES PREPARACION DE LA MUESTRA- TAMIZADO -CANtera- DE MOLINOS- SAN RAFAEL- ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES PREPARACION DE LA MUESTRA- PESADO DE MUESTRA -CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES PREPARACION DE LA MUESTRA- PESADO -CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL- ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES          PREPARACION DE LA MUESTRA- PESADO –CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-          ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES          PREPARACION DE LA MUESTRA- PESADO –CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-          ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES PREPARACION DE LA MUESTRA- PESADO DE 5000g-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



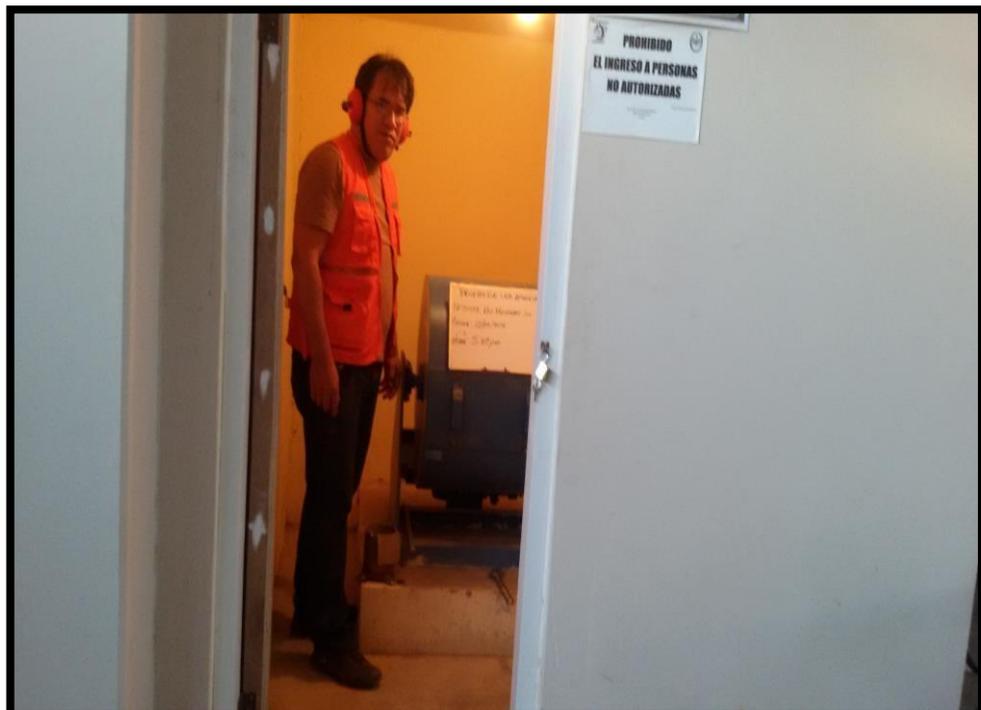
	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES PREPARACION DE LA MUESTRA- PESADO DE 5000g-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES</b> <b>PREPARACION DE LA MUESTRA- PESADO DE 5000g-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES</b> <b>PREPARACION DE LA MUESTRA-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS - POZUZO</b>



**FOTOS DE LOS ENSAYOS**

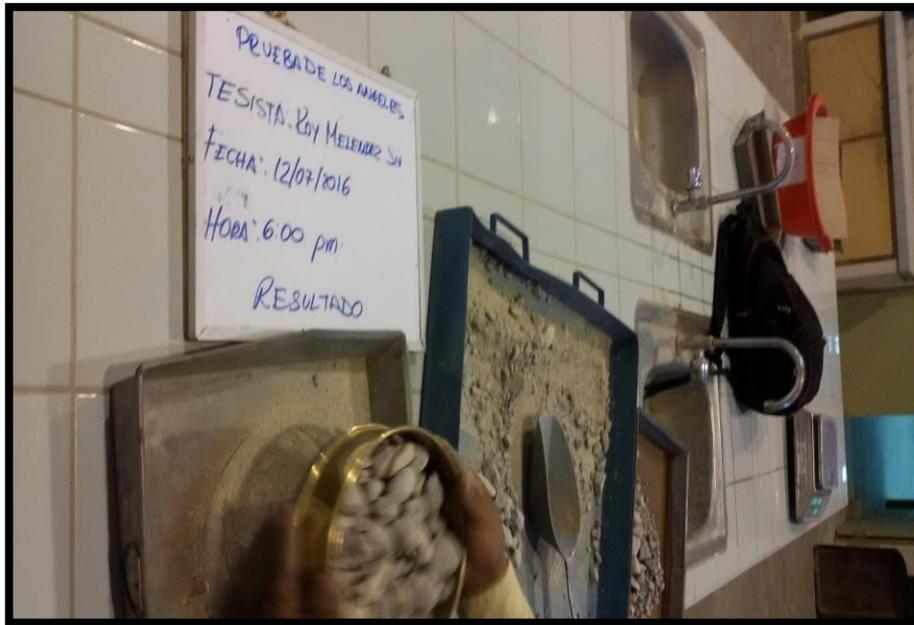
ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES  
PREPARACION DE LA MUESTRA- PESADO DE 5000g-CANTERA- DE MOLINOS- SAN  
RAFAEL-ALCAS -POZUZO

**FOTOS DE LOS ENSAYOS**

ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES  
REALIZACION DE LA PRUEBA DE LOS ANGELES-CANTERA- DE MOLINOS- SAN  
RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES</b> <b>REALIZACION DE LA PRUEBA DE LOS ANGELES-CANTERA- DE MOLINOS- SAN</b> <b>RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES</b> <b>REALIZACION DE LA PRUEBA DE LOS ANGELES-CANTERA- DE MOLINOS- SAN</b> <b>RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES REALIZACION DE LA PRUEBA DE LOS ANGELES-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO PRUEBA D ELOS ANGELES REALIZACION DE LA PRUEBA DE LOS ANGELES-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO





### FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS  
REALIZACION DE TAMIZADO-CANtera- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



### FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS  
REALIZACION DEL TAMIZADO DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



**FOTOS DE LOS ENSAYOS**

ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS  
REALIZACION DEL TAMIZADO DE LA MUESTRA CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-  
ALCAS -POZUZO

**FOTOS DE LOS ENSAYOS**

ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS  
REALIZACION PARA ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS-CANTERA- DE  
MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS                  REALIZACION PARA ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS-CANtera- DE                  MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS                  REALIZACION PARA ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS-CANtera- DE                  MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS                  REALIZACION PARA ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS-CANTERA- DE                  MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS                  REALIZACION PARA ENSAYO DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS-CANTERA- DE                  MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO DE EQUIVALENTES DE ARENAS INSTUMENTOS PARA ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



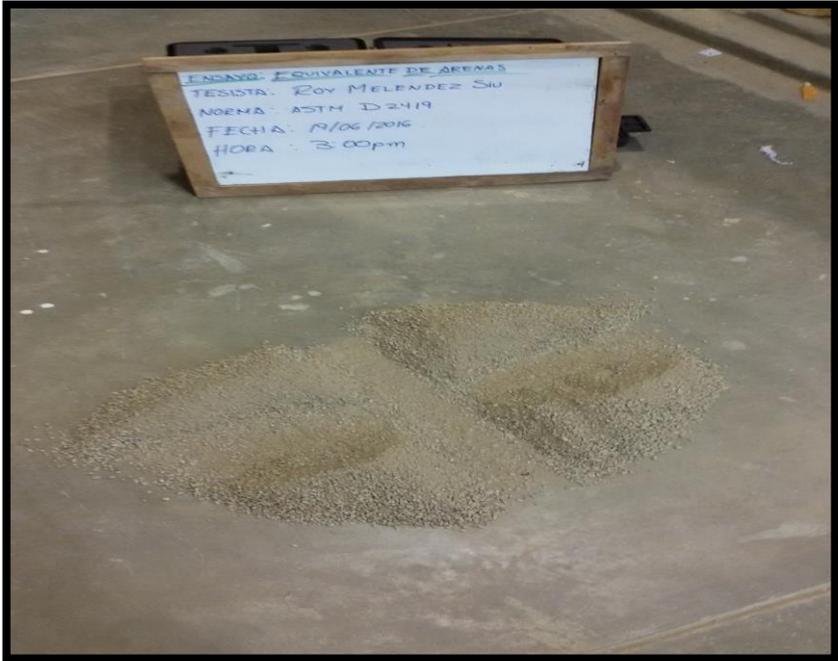
	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO EQUIVALENTES DE ARENA INSTUMENTOS PARA ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<p>ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS                  REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS                  -POZUZO</p>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<p>ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS                  REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS                  -POZUZO</p>





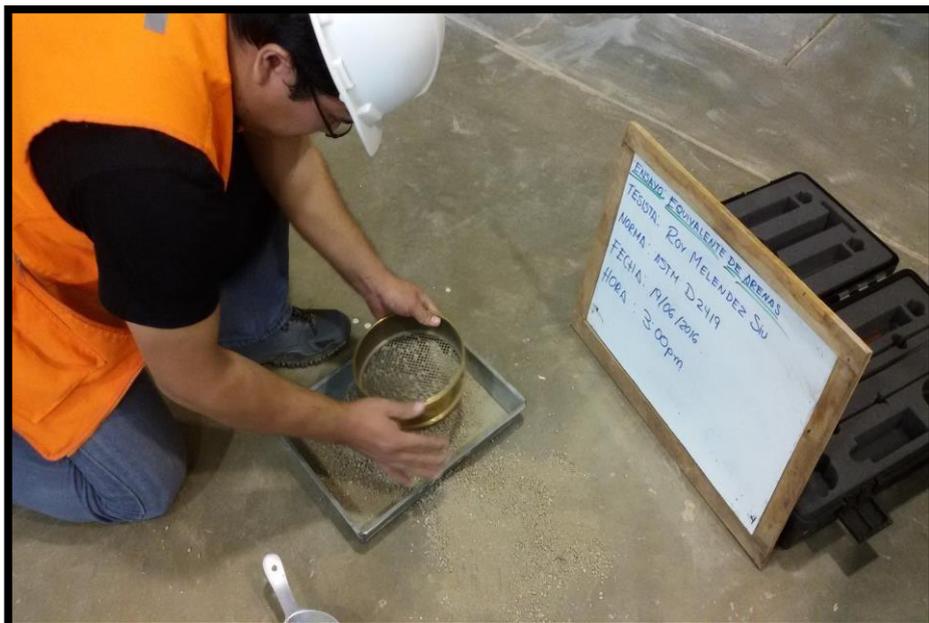
FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS  
REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS  
-POZUZO



FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS  
REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS  
-POZUZO





FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS  
REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS  
-POZUZO



FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS  
REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS  
-POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANtera- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANtera- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS -POZUZO



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS</b> <b>REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANtera- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS</b> <b>-POZUZO</b>



	<b>FOTOS DE LOS ENSAYOS</b>
	<b>ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS</b> <b>REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANtera- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS</b> <b>-POZUZO</b>





## FOTOS DE LOS ENSAYOS

ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENAS  
REALIZACION DEL ENSAYO DE ARENAS-CANTERA- DE MOLINOS- SAN RAFAEL-ALCAS  
-POZUZO



## **7.2 RESULTADOS DE LABORATORIO**



**PROYECTO** : VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL ALCAS POZUZO  
**UBICACIÓN** : ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO  
**CANTERA** : MOLINOS  
**SOLICITA** : ROY MELENDEZ SIU  
**FECHA** : JULIO DEL 2016

### ENSAYO DE LOS ANGELES

ASTM C 131  
AASHTO T-96

TIPO DE ENSAYO "A"

PESO INICIAL		PESO FINAL			
Peso de la Muestra Inicial		Peso Final de la Muestra			
Pasa el Tamiz	Retenido en el tamiz	Peso (gr)	Nro de Tamiz	Tamaño de abertura	Peso (gr)
1 1/2"	1"	1250.0			
1"	3/4"	1250.0			
3/4"	1/2"	1250.0			
1/2"	3/8"	1250.0			
<b>PESO TOTAL</b>		<b>5000.0</b>	<b>N° 12</b>	<b>(1.70mm)</b>	<b>4009.00</b>

Nº de esferas : 12.0  
 Nº de revoluciones: 500.0  
 Velocidad: 33.0 RPM

Desgaste de los agregados:

19.82%

Ing. Omar González C.  
 ENCARGADO DE ENSAYOS  
 FIG. 3 - UNHEVAL



Ing. Antonio Domínguez M.  
 C.I.P. N° 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FIG. 3 - UNHEVAL



ANTES DEL ENSAYO



DESPUES DEL ENSAYO



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
 HUANUCO - PERÚ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES



PROYECTO: VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA  
 CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL ALCAS POZUZO  
 SOLICITA: ROY MELENDEZ SIU  
 UBICACIÓN: ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO  
 CANTERA: MOLINOS  
 FECHA: jul-16

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS ( N.T.P. 400.017 ASTM C-29)**

**I. PESO UNITARIO SUELTO**

**ARENA GRUESA**

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6413	6481	6542
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	4630	4698	4759
4	Volumen del Recipiente	m3	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m3	1651	1676	1698
7	Promedio P.U.S. Seco	kg/m3	1675		

**II. PESO UNITARIO COMPACTO**

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	6872	6907	6891
2	Peso del Recipiente	gr	1783	1783	1783
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	5089	5124	5108
4	Volumen del Recipiente	m3	0.00280	0.00280	0.00280
5	P.U.C	kg/m3	1815	1828	1822
7	Promedio P.U.S.Compacto	kg/m3	1822		

**III. HUMEDAD**

		N°	4		
1	Peso de la Tara	gr			
2	Peso de la Tara + Muestra Humeda	gr			
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr			
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr			
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr			
6	Contenido de Humedad (4/5)*100	%			

  
  
**Ing. Omar Gonzalez**  
 ENCARGADO DE ENSAYOS  
 FICA - UNHEVAL

  
  
**Ing. Antonio Dominguez M**  
 C.I.P. N° 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FICA - UNHEVAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZÁN"**  
 HUANUCO-PERÚ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**PROYECTO:** VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL ALCAS POZUZO

**UBICACIÓN:** ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO

**CANTERA:** MOLINOS

**SOLICITA:** ROY MELENDEZ SIU

**FECHA:** jul-16

<b>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO</b>			
ASTM C 127			
<b>I. DATOS</b>		1	2
1	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (B)	gr	5797.60
2	Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	0.00
3	Peso de la Muestra Saturada + Peso de la Canastilla dentro del Agua	gr	5797.60
4	Peso de la Muestra Saturada Sumergida (C)	gr	3636.20
5	Peso de la Tara	gr	0.00
6	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr	5768.20
7	Peso de la Muestra Seca (6-5) (A)	gr	5768.20
<b>II. RESULTADOS</b>			
8	Peso Especifico Aparente ((A)/(B-C))	gr/cm3	2.67
9	Peso Especifico Aparente (S.S.S) ((A/B(B-C)))	gr/cm3	2.67
10	Peso Especifico Nominal ((A)/(A-C))	gr/cm3	2.71
11	Porcentaje de Absorsión ((B-A)/A)*100	%	0.51



*[Signature]*  
**Blng Omar Gonzalez**  
 ENCARGADO DE ENSAYOS  
 FICA - UNHEVAL



*[Signature]*  
**Ing. Antonio Dominguez M**  
 C.I.P. N° 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FICA - UNHEVAL



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"  
 HUANUCO-PERÚ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PROYECTO: VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL ALCAS POZUZO  
 SOLICITA: ROY MELENDEZ SIU  
 UBICACIÓN: ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO  
 CANTERA: MOLINOS  
 FECHA : jul-16

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO**  
 ASTM C-128)

MUESTRA: ARENA GRUESA

**I. DATOS**

			1	2
1	Peso de la Arena Seca (A)	gr	246.30	
2	Peso del Matraz + Agua hasta marca (B)	gr	1320.46	
3	Peso del Matraz + Arena sss + Agua hasta marca (C)	gr	1476.86	
4	Peso de la Arena sss (S)	gr	249.40	

**II. RESULTADOS**

5	Densidad muestra seca ((A)/(B+S-C))	gr/cm3	2.65	
6	Densidad muestra sss ((A)/(B+S-C))	gr/cm3	2.68	
7	Densidad aparente ((A)/(B+A-C))	gr/cm3	2.74	
8	Porcentaje de Absorción ((D-A)/A)*100	%	1.26	



*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Omar Méndez L.  
 ENCARGADO DE ENSAYOS  
 FICA - UNHEVAL



*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Antonio Domínguez M.  
 C.I.P. N° 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FICA - UNHEVAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
 HUANUCO-PERÚ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**PROYECTO:** VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL ALCAS POZUZO

**SOLICITA:** ROY MELENDEZ SIU

**UBICACIÓN:** ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO

**CANTERA:** MOLINOS

**FECHA** jul-16

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (ASTM C-29)**

**I. PESO UNITARIO SUELTO**

			<b>PIEDRA</b>		
1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	27150	26740	26950
2	Peso del Recipiente	gr	5838.7	5838.7	5838.7
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	21311.3	20901.3	21111.3
4	Volumen del Recipiente	m <sup>3</sup>	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.S. (3/4)/1000	kg/m <sup>3</sup>	1512	1483	1498
7	Promedio P.U.S. Seco	kg/m <sup>3</sup>	1497		

**II. PESO UNITARIO COMPACTO**

1	Peso de la Muestra + Recipiente	gr	28590	28950	28750
2	Peso del Recipiente	gr	5838.7	5838.7	5838.7
3	Peso de la Muestra (1-2)	gr	22751.3	23111.3	22911.3
4	Volumen del Recipiente	m <sup>3</sup>	0.01410	0.01410	0.01410
5	P.U.C	kg/m <sup>3</sup>	1614	1640	1625
7	Promedio P.U.S. Compacto	kg/m <sup>3</sup>	1626		

**III. HUMEDAD**

		N°			
1	Peso de la Tara	gr			
2	Peso de la Tara + Muestra Humeda	gr			
3	Peso de la Tara + Muestra Seca	gr			
4	Peso del Agua Contenida (2-3)	gr			
5	Peso de la Muestra Seca (3-1)	gr			
6	Contenido de Humedad (4/5)*100	%			



*González*  
 B/Ing. Omar González C  
 ENCARGADO DE ENSAYOS  
 UNHEVAL



*[Signature]*  
 Ing. Antonio Domínguez M  
 C.I.P. N° 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FICA - UNHEVAL



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"  
 HUANUCO - PERÚ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES



**PROYECTO** : VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL  
 AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL  
 ALCAS POZUZO

**UBICACIÓN** : ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO  
**CANTERA** : MOLINOS  
**SOLICITA** : ROY MELENDEZ SIU  
**FECHA** : JULIO DEL 2016

**DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS PLANAS, PARTÍCULAS ALARGADAS O  
 PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO.**

ASTM D 4791

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	% PARTICULAS APLANADAS	% PARTICULAS ALARGADAS	% PARTICULAS ACHATADAS Y ALARGADAS
3"	76.200			
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.100	6.50	5.80	12.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00
3/4"	19.050	4.50	3.80	10.00
1/2"	12.700	3.60	2.50	8.30
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00
No 4	4.760	0.00	0.00	0.00



B/ing. Omar González C  
 ENCARGADO DE ENSAYOS  
 FICA - UNHEVAL



ing. Antonio Domínguez M  
 C.I.P. Nº 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FICA - UNHEVAL



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"  
 HUÁNCICO - PERÚ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**PROYECTO** : **VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL  
 AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL  
 ALCAS POZUZO**

**UBICACIÓN** : **ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO**  
**CANTERA** : **MOLINOS**  
**SOLICITA** : **ROY MELENDEZ SIU**  
**FECHA** : **JULIO DEL 2016**

### **EQUIVALENTE ARENA**

AASHTO T-176

<b>NUMERO DE MUESTRA</b>	<b>M 1</b>	<b>M 2</b>
<b>LECTURA DE LA ARCILLA(A)</b>	4.5	4.9
<b>LECTURA DE LA ARENA(B)</b>	4.0	4.1
<b>EQUIVALENTE ARENA (EA=B/A*100)</b>	89.0	84.0
<b>PROMEDIO</b>	<b>87.00</b>	



**Ing. Omar González C**  
 ENCARGADO DE ENSAYOS  
 FICA - UNHEVAL



**Ing. Antonio Domínguez M**  
 C.I.P. N° 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FICA - UNHEVAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"**  
 HUÁNUCO - PERÚ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
 CENTRO ESPECIALIZADO DE GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**PROYECTO** : VERIFICACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINO, SAN RAFAEL ALCAS POZUZO

**UBICACIÓN** : ALCAS POZUZO - SAN RAFAEL - AMBO - HUANUCO

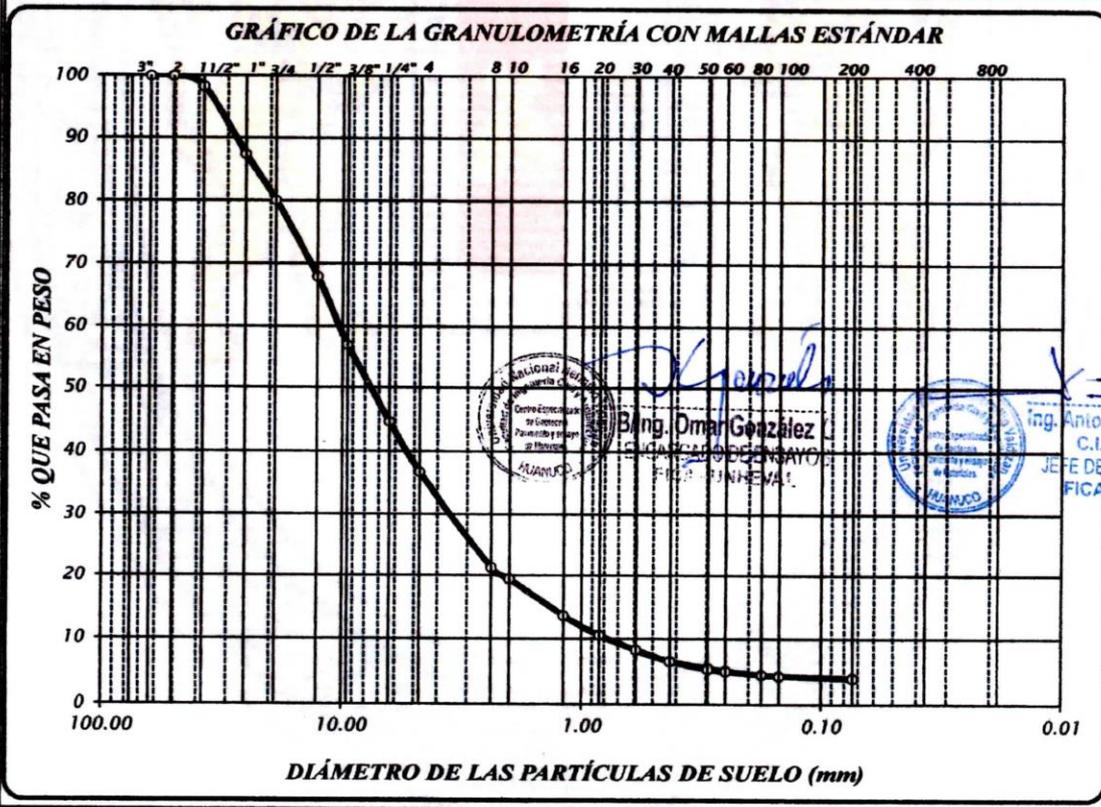
**SOLICITA** : ROY MELENDEZ SIU

**CANTERA** : MOLINOS

**FECHA** : jul-16

**TOTAL MUESTRA SECA** = 6000.00 KG

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO 1/2"
3"	76.200					<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>  Grava Mal Graduada, con material granular equivalente a:  <b>96.00%</b> De excelente a bueno como subrasante  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> Límite Líquido = NP Límite Plástico = NP Índice Plástico = NP Coeficiente de Uniformidad = 13.35 Coeficiente de Curvatura = 1.71  <b>CLASIFICACIÓN</b> SUCS : GP AASTO : A-1-a (1)  <b>OBSERVACIONES</b> % de grava = 63.23% % de arena = 32.73% % de limo y arcilla = 4.00% % de humedad = 2.66%
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	100.0	1.67	1.67	98.33	
1"	25.400	655.0	10.92	12.58	87.42	
3/4"	19.050	440.0	7.33	19.92	80.08	
1/2"	12.700	730.0	12.17	32.08	67.92	
3/8"	9.525	653.0	10.88	42.97	57.03	
1/4"	6.350	738.0	12.30	55.27	44.73	
No 4	4.760	479.0	7.98	63.25	36.75	
No 8	2.380	920.0	15.48	78.73	21.27	
No 10	2.000	108.0	1.80	80.53	19.47	
No 16	1.190	353.0	5.88	86.42	13.58	
No 20	0.840	181.0	3.02	89.43	10.57	
No 30	0.590	138.0	2.30	91.73	8.27	
No 40	0.426	104.0	1.73	93.47	6.53	
No 50	0.297	65.0	1.08	94.55	5.45	
No 60	0.250	24.0	0.40	94.95	5.05	
No 80	0.177	32.0	0.53	95.48	4.52	
No 100	0.149	11.0	0.18	95.67	4.33	
No 200	0.074	20.0	0.33	96.00	4.00	
CAZOLETA	0.000	240.0	4.00	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>			<b>100.00</b>			



**Ing. Omar González**  
 C.I. N° 62225  
 JEFE DE LABORATORIOS  
 FICA UNHEVAL

## **7.3 NORMAS REPRESENTATIVAS**

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 400.019  
2002

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**AGREGADOS.** Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles

**AGGREGATES.** Standard test method for resistance to degradation of small size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine

2002-01-30  
2ª Edición

R.0007-2002/INDECOPI-CRT. Publicada el 2002-02-09

Precio basado en 9 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Abrasión, agregado (grueso, tamaños menores), degradación, impacto, máquina de Los Angeles



## ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	i
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	3
5. RESUMEN DEL MÉTODO	3
6. APARATOS	3
7. MUESTREO	5
8. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO	5
9. PROCEDIMIENTO	6
10. CÁLCULO	6
11. INFORME	7
12. PRECISIÓN	7
13. ANTECEDENTE	7
ANEXOS	
ANEXO A	8
ANEXO B	9

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero a agosto del 2001, utilizó como antecedente a la ASTM C 131:1996 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT, con fecha 2001-10-12, el PNTP 400.019:2001, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2001-11-26. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 400.019:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles, 2ª Edición, el 09 de febrero del 2002.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.019:1977 y fue tomada en su totalidad de la ASTM C 131:1996. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	SERVICIO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - SENCICO
Presidente	Carlos Pérez Bardález
Secretaria	Vanna Guffanti Parra

ENTIDAD	REPRESENTANTE
UNICON	ENRIQUE PASQUEL
ACEROS AREQUIPA S.A.	VICTOR GRANADOS
ETERNIT	MAURO QUEZADA
QUÍMICA SUIZA S.A.	MILAN PEJNOVIC
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	ROSAURA VÁSQUEZ
INVERMET	GUILLERMO VIVANCO
ASOCEM	MANUEL GONZALES DE LA COTERA
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	WILFREDO QUINTANA
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	ANA BIONDI
UNI	ANA TORRE RAFAEL CACHAY
URP	GONZALO LUQUE
SENCICO	CARLOS PÉREZ VANNA GUFFANTI

—oooOooo—

#### 4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones contenidas en la NTP 339.047.

#### 5. RESUMEN DEL MÉTODO

Este método de ensayo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.

#### 6. APARATOS

**6.1 Máquina de Los Angeles:** La máquina de Los Angeles tendrá las características esenciales que se muestran en la Figura 1 (Anexo A). La máquina consistirá en un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, de dimensiones mostradas en la Figura 1, con un diámetro interior de  $711 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  (28 pulg  $\pm 0,2$  pulg) y una longitud interior de  $508 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  (20 pulg  $\pm 0,2$  pulg). El cilindro será montado sobre ejes salientes de sus costados, no pasantes, de tal manera que pueda rotar con el eje en posición horizontal, con una tolerancia en la inclinación de 1 en 100. El cilindro debe tener una abertura para la introducción de la muestra de ensayo. Tiene una cubierta hermética al polvo y provista de medios para atornillarla en su lugar. El cobertor también será diseñado para mantener el contorno cilíndrico de la superficie interior. Una pestaña removible de acero, que abarque toda la longitud del cilindro y se proyecte radialmente hacia adentro  $89 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  (3,5 pulg  $\pm 0,1$  pulg), será montada en el interior de la superficie cilíndrica del cilindro, de tal manera que un plano centrado en la cara mayor coincida con un plano axial. La pestaña deberá ser de 25,4 mm de espesor y montada por tornillos u otros medios de tal modo que quede firme y rígida. La localización de la pestaña se hará de tal manera que la muestra y las esferas de acero no impacten en las cercanías de la abertura y su cubierta; y, la distancia desde la pestaña hasta la abertura, medida a lo largo de la circunferencia del



exterior del cilindro en la dirección de rotación, no será menor de 1270 mm (50 pulg). Inspeccionar periódicamente la pestaña para determinar que no está inclinada a lo largo o desde su posición normal radial con respecto al cilindro. Si se encuentra una de estas condiciones, repare o reemplace la pestaña antes de realizar futuros ensayos.

NOTA 2: Es preferible el uso de una pestaña de acero resistente al desgaste de sección rectangular y montada independientemente de la cubierta. No obstante se puede utilizar una pestaña que consiste en una sección de perfil angular laminado, apropiadamente montada en el interior del plato cobertor, provisto que la dirección de rotación es tal que la carga sea recogida sobre la cara exterior del ángulo.

6.1.1 La máquina deberá ser impulsada y equilibrada como para mantener una velocidad periférica uniforme (Nota 3). Si se utiliza un ángulo como pestaña, la dirección de rotación deberá ser tal que la carga sea recogida sobre la cara exterior del ángulo.

NOTA 3: Una pérdida de carrera en el mecanismo de impulsión puede arrojar resultados que no sean reproducidos por otra máquina de Los Angeles con velocidad periférica constante.

6.2 Tamices: Conforme con la NTP 350.001.

6.3 Balanza: Una balanza o báscula con exactitud al 0,1 % de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.

6.4 Carga: La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g.

6.4.1 La carga, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo como se describe en el capítulo 8, será como sigue:

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

NOTA 4: Podrá utilizarse cojinetes de bola de 46,00 mm (1 13/16 pulg) y 47,5 mm (1 7/8 pulg) de diámetro, cada una con una masa de aproximadamente 400 g y 440 g, respectivamente. Podrán utilizarse también esferas de acero de 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro; con una masa de aproximadamente 420 g. La carga podrá consistir en una mezcla de estas medidas conforme a las tolerancias de masa indicadas en los apartados 6.4 y 6.4.1.

TABLA 1 - Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2 pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
19,0 mm (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
9,5 mm (3/8 pulg)	6,3 mm (1/4 pulg)	.....	.....	2500 ± 10	.....
6,3 mm (1/4 pulg)	4,75 mm (Nº4)	.....	.....	2500 ± 10	.....
4,75 mm (Nº4)	2,36 mm (Nº8)	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

## 7. MUESTREO

Se obtendrá una muestra de campo de acuerdo con la NTP 400.010 y se reducirá a un tamaño adecuado de acuerdo con la ASTM C 702.

## 8. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO

Lavar y secar al horno la muestra reducida a peso constante, a  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  (véase apartado 9.1.1), separar cada fracción individual y recombinar a la gradación de la Tabla 1, lo más cercano correspondiendo al rango de medidas en el agregado como conforme para el trabajo. Registrar la masa de la muestra previamente al ensayo con aproximación a 1 g.



## 9. PROCEDIMIENTO

9.1 Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Angeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (No. 12). Tamizar la porción más fina que 1,70 mm, conforme a la NTP 400.012. Lavar el material más grueso que la malla de 1,70 mm y secar al horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta peso constante (véase el apartado 9.1.1) y determinar la masa con una aproximación a 1 g (Nota 6).

9.1.1 Si el agregado está esencialmente libre de revestimiento y polvo el requerimiento de lavado puede ser obviado, pero siempre se requiere secar antes del ensayo. Por lo tanto, en el caso de ensayos de arbitraje se efectuará el lavado.

NOTA 5: La eliminación del lavado después del ensayo raramente reducirá las pérdidas de medida en más de 0,2 % de la masa original de la muestra.

NOTA 6: Información válida sobre la uniformidad de la muestra de ensayo podrá obtenerse por la determinación de la pérdida luego de 100 revoluciones. Esta pérdida podría ser determinada sin lavado del material más grueso que el tamiz normalizado de 1,70 mm (No. 12). La relación de la pérdida después de 100 revoluciones frente a la pérdida luego de 500 revoluciones no excedería mayormente 0,20 para material de dureza uniforme. Cuando se realiza esta determinación, tener cuidado de evitar pérdida de alguna parte de la muestra, retornar la muestra entera incluyendo el polvo de la fractura, a la máquina de ensayo para las 400 revoluciones finales requeridas para completar el ensayo.

## 10. CÁLCULO

Calcular la pérdida (diferencia entre la masa inicial y final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo. Informar este valor como el porcentaje de pérdida.

NOTA 7: El porcentaje de pérdida determinado por este método no tiene una relación consistente conocida con el porcentaje de pérdida del mismo material cuando se determina por el método de ensayo NTP 400.020

ANEXO B  
(INFORMATIVO)

## MANTENIMIENTO DE LA PESTAÑA

B.1 La pestaña de la máquina de Los Angeles está sujeta a severo desgaste superficial e impacto. Con el uso, la superficie de trabajo de la pestaña es martillada por las esferas y tiende a desarrollar resaltes paralelos acerca de 32 mm (1 ¼ pulg) en la conexión de la pestaña y la superficie interior del cilindro. Si la pestaña es hecha de perfil angular laminado, no solamente puede desarrollar estos canales sino la pestaña misma puede ser curvada longitudinal o transversalmente de su posición propia.

B.2 La pestaña deberá ser inspeccionada periódicamente para determinar que no está curvada longitudinalmente o de su posición radial normal con respecto al cilindro. Si se encuentra alguna de estas condiciones, la pestaña deberá ser separada o reemplazada antes de realizar nuevos ensayos. La influencia sobre los resultados del ensayo del resalte desarrollado mediante el martilleo de la cara de trabajo de la pestaña no se conoce. Luego, para condiciones uniformes de ensayo, se recomienda que los resaltes no sobrepasen 2 mm (0,1 pulg) en su altura.



---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 400.010  
2001**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

## **AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras**

AGGREGATES. Standard practice for sampling aggregates

2001-01-24  
2ª Edición

R.0011-2001/INDECOPI-CRT.Pública el 2001-02-07

Precio basado en 06 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: agregados, extracción, preparación de muestras agregados, exploración de canteras potenciales, número y medidas necesarias para estimar las características.

## ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	i
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. SIGNIFICADO Y USO	2
4. MUESTRAS CONFIABLES	3
5. ENVÍO DE LAS MUESTRAS	6
6. PALABRAS CLAVES	6
7. ANTECEDENTES	6

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero a mayo del 2000, utilizó como antecedente la Norma Técnica ASTM D 75-1997.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – CRT, con fecha 2000-09-28, el PNTP 400.010:2000, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de discusión pública el 2000-11-29, no habiéndose presentado ninguna objeción fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 400.010:2001 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras, 2ª Edición, el 07 de febrero del 2000.

A.3 La NTP 400.010:2000 reemplaza a la NTP 400.010:1976. Esta NTP tomó íntegramente la norma ASTM D 75-1997. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - SENCICO.
------------	---

Presidente	Ing. Carlos Pérez Bardález.
------------	-----------------------------

Secretaria	Ing. Vanna Guffanti Parra.
------------	----------------------------

ENTIDAD	REPRESENTANTE
---------	---------------

UNICON	Enrique Pasquel
--------	-----------------

SIDERPERÚ S.A.A.	Irma Vargas Armando Kuyeng Manuel Espinoza
DURACRETO S.A	Francisco Gómez de La Torre
ACEROS AREQUIPA S.A.	Victor Granados
ETERNIT	Mauro Quezada Diego Fernandez
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
COSAPI	Javier Arranz
MTCVC	José Dominguez César Manrique
INFES	Pedro Morales
INADE	Augusto Pehovaz Scerpella
INVERMET	Guillermo Vivanco
ASOCEM	Manuel Gonzales de La Cotera
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	Ana Biondi Carlos Tapia
UNI	Ana Torre Rafael Cachay
URP	Gonzalo Luque
SENCICO	Carlos Pérez Vanna Guffanti

---oooOooo---

## AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras

### 1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece los procedimientos del muestreo del agregado grueso, fino y global, para los propósitos siguientes:

- Investigación preliminar de la fuente potencial de abastecimiento
- Control en la fuente de abastecimiento.
- Control de las operaciones en el sitio de su utilización.
- Aceptación o rechazo de los materiales

NOTA 1: Los planes de muestreo para aceptación y control de los ensayos, varían con el tipo de construcción donde se utiliza el material (Véase norma ASTM E 105 y ASTM D 3665)

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

#### 2.1 Normas Técnicas Peruanas

- |       |                  |   |
|-------|------------------|---|
| 2.1.1 | NTP 339.047:1979 | HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón                |
| 2.1.2 | NTP 400.011:1976 | AGREGADOS. Definiciones y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos |

2.1.3	NTP 400.037:2000	AGREGADOS. Requisitos
2.2	Normas Técnicas de Asociación	
2.2.1	ASTM C 702:1998	Standard Practice for Reducing Field Samples of Aggregates to Testing Size
2.2.2	ASTM D 2234:1999	Standard Practice for Test Method for Collection of a Gross Sample of Coal
2.2.3	ASTM D-3665:1999	Standard Practice for Random Sampling of Construction Materials
2.2.4	ASTM E 105-58:1996	Standard Practice for Probability Sampling of Materials
2.2.5	ASTM E 122:1999	Standard Practice for Choice of Sample Size to Estimate the Average Quality of a Lot of Process
2.2.6	ASTM E 141-91:1997	Standard Practice for Acceptance of Evidence Based on the Results of Probability Sampling

### 3. SIGNIFICADO Y USO

3.1 El muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

3.2 Las muestras para los ensayos de investigación preliminar serán obtenidas por la parte responsable del desarrollo de la fuente potencial (Véase Nota 2). Las muestras de

materiales para el control de la producción en la cantera o el control en la obra, serán

obtenidas por el productor, contratistas u otras partes responsables para verificar el trabajo. Las muestras utilizadas para aceptación o rechazo serán tomadas por el comprador o su representante autorizado.

NOTA 2: La investigación preliminar y el muestreo de potenciales canteras de agregados, ocupan un lugar muy importante porque ello determina la conveniencia de su utilización. Es necesario el control de calidad del material para asegurar la durabilidad de la estructura resultante, esto influenciará en el tipo de construcción y en la parte económica de la obra.

Esta investigación deberá ser realizada sólo por personal entrenado y con experiencia.

#### 4. MUESTRAS CONFIABLES

4.1 Generalidades: De preferencia, las muestras para los ensayos de calidad deberán ser obtenidas de productos acabados. La muestra de productos acabados para ser ensayada por pérdida al desgaste de abrasión no estará sujeta a chancado posterior o reducido manualmente, a menos que la medida del producto acabado sea tal que requiera reducción posterior para los propósitos del ensayo.

4.2 Inspección: El material será inspeccionado para determinar variaciones perceptibles. El vendedor proveerá el equipo conveniente y necesario para la inspección y el muestreo.

#### 4.3 Procedimiento

4.3.1 Muestreo de flujos de corriente de agregados (Descarga de depósitos o cintas): De la producción seleccionar muestras al azar, tal como se indica en la práctica normalizada ASTM D 3665.

Obtener por lo menos 3 incrementos iguales, seleccionados al azar de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra cuya masa iguale o exceda lo mínimo recomendado en el apartado 4.4.2. Tomar cada incremento a través de toda la sección del elemento de descarga. Es necesario contar con un dispositivo especial para ser utilizado en cada planta en particular. Este dispositivo consistirá en un recogedor de medida suficiente para interceptar la sección transversal del chorro de descarga para retener la cantidad requerida de material sin derramar. Un conjunto de rieles podrán ser necesarios para servir como guía al recogedor mientras pasa por el chorro de descarga.

Hasta donde sea posible, mantener el depósito continuamente lleno o casi lleno para reducir la segregación (Véase Nota 3).

NOTA 3: Deberá evitarse la toma de muestras de la descarga inicial o final de pocas toneladas de un depósito o de una faja transportadora, pues esto incrementa la posibilidad de obtener material segregado.

4.3.2 Muestreo de fajas transportadoras: Seleccionar el muestreo al azar de la producción, tal como se indica en la práctica normalizada ASTM D 3665. Obtener por lo menos 3 incrementos aproximadamente iguales, seleccionados al azar, de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra de campo cuya masa iguale o exceda a la mínima recomendada en el apartado 4.4.2. Insertar 2 plantillas de la misma forma de la correa de la faja transportadora y separarlas de tal modo que el material contenido entre ellas producirá un incremento de la masa requerida. Extraer cuidadosamente extraer con la cuchara todo el material entre las plantillas y colocarlo en un contenedor y luego colectar los finos sobre la faja con una brocha y pala y adicionarlos al contenedor.

4.3.3 Muestreo de depósitos o unidades de transporte: De ser posible evitar este tipo de muestreo, particularmente para la determinación de las propiedades del agregado que puedan ser dependientes de su granulometría. Si las circunstancias hacen necesario realizar este tipo de muestreo, designar un plan de muestreo para este caso, aceptado por todas las partes involucradas; esto permitirá a la entidad que realiza el muestreo el uso de un plan que le dará confianza de los resultados obtenidos.

El plan de muestreo definirá el número de muestras necesarias para representar los lotes o sub-lotes de medidas específicas. Los principios generales para el muestreo de depósitos, son aplicables a muestreo de camiones, vagones, barcasas u otras unidades de transporte.

4.3.4 Muestreo de carreteras (bases y sub-bases): Seleccionar las muestras al azar, tal como se indica en la práctica normalizada ASTM D 3665. Obtener por lo menos tres incrementos iguales, seleccionados al azar de la unidad que está siendo muestreada y combinarlos para formar una muestra de campo, con una masa igual o mayor que la mínima recomendada en el apartado 4.4.2. Tomar todos los incrementos de la profundidad total del vagón, teniendo cuidado de excluir el material subyacente, marcar claramente las áreas específicas de las que se tomó las muestras: un separador metálico para delimitar el área podrá asegurar incrementos de masa iguales.

#### 4.4 Número y masa de las muestras de campo:

4.4.1 El número de las muestras de campo (obtenidas por uno de los métodos descritos en el apartado 4.3) requeridas depende del estado y variación de la propiedad a medirse. Designar cada unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo. El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos (Véase Nota 4).

NOTA 4: Una guía para determinar el número de muestras requeridas para obtener el nivel de confianza en los resultados de ensayo, podrá basarse en los métodos de ensayos normalizados que se presentan en ASTM D 2234, ASTM E 105, ASTM E 122 y ASTM E 141.

Tabla 1 - Medida de las muestras

Tamaño máximo nominal del agregado <sup>A</sup>	Masa mínima aproximada para la muestra de campo kg <sup>B</sup>
Agregado fino	
2,36 mm	10
4,76 mm	10
Agregado grueso	
9,5 mm	10
12,5 mm	15
19,0 mm	25
25,0 mm	50
37,5 mm	75
50,00 mm	100
63,00 mm	125
75,00 mm	150
90,00 mm	175

<sup>A</sup> Para agregado procesado, el tamaño máximo nominal es la menor malla donde se produce el primer retenido.

<sup>B</sup> Para agregado global (por ejemplo base o sub-base) la masa mínima requerida será la mínima del agregado grueso más 10 kg .

4.4.2 Las masas de las muestras de campo citadas son tentativas. Las masas deberán ser previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material va a estar

sujeto y obtener material suficiente para ejecutar los mismos. La norma de aceptación y ensayos de control están cubiertas por las NTPs, donde se especifica la porción de la muestra de campo requerida para cada ensayo. En general, las cantidades indicadas en la Tabla 1 proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios. Se extraerán porciones de muestra en el campo de acuerdo con el método de ensayo normalizado que se presenta en ASTM C 702 o por otros métodos de ensayo que sean aplicables.

## 5. ENVÍO DE LAS MUESTRAS

5.1 Transportar los agregados en bolsas u otros contenedores contruidos como para prevenir pérdidas o contaminación de alguna parte de la muestra; o daños al contenido por el manipuleo durante el transporte.

5.2 La identificación individual de los contenedores de embarque para muestras de agregado estará anexa o incluida tanto en el reporte de campo, en el parte de laboratorio y en el reporte de ensayo.

## 6. PALABRAS CLAVES

Agregados: exploración de canteras potenciales; número y medidas necesarias para estimar las características

## 7. ANTECEDENTES

- |     |                  |   |
|-----|------------------|---|
| 7.1 | NTP 400.010:1976 | AGREGADOS. Extracción y muestreo          |
| 7.2 | ASTM D 75:1997   | Standard Practice for Sampling Aggregates |

---oooOooo---

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 400.012  
2001**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

## **AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

2001-05-31  
2ª Edición

R.0071-2001/INDECOPI-CRT. Publicada el 2001-06-17

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

## ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETIVO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	3
5. RESUMEN DEL MÉTODO	3
6. APARATOS	3
7. MUESTREO	4
8. PROCEDIMIENTO	6
9. CÁLCULO	9
10. REPORTE	10
11. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN	10
12. ANTECEDENTES	11
ANEXO A	12
ANEXO B	13
ANEXO C	14

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de Enero a Mayo del 2000, utilizó como antecedente a la ASTM C 136-96a.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT, con fecha 2000-12-18, el PNTP 400.012:2000, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2001-03-29. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global, 2ª Edición, el 17 de junio del 2001.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 400.012:1976. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO
Presidente	Carlos Pérez
Secretaria	Vanna Guffanti
ENTIDAD	REPRESENTANTE
UNICON	ENRIQUE PASQUEL IRMA VARGAS

SIDERPERÚ S.A.A.	ARMANDO KUYENG MANUEL ESPINOZA
DURACRETO S.A	FRANCISCO GÓMEZ DE LA TORRE
ACEROS AREQUIPA S.A.	VICTOR GRANADOS
ETERNIT	MAURO QUEZADA DIEGO FERNANDEZ
QUÍMICA SUIZA S.A.	MILAN PEJNOVIC
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	ROSAURA VÁSQUEZ
COSAPI	JAVIER MARTÍN ARRANZ
MTCVC	JOSÉ DOMINGUEZ CÉSAR MANRIQUE
INFES	PEDRO MORALES
INADE	AUGUSTO PEHOVAZ
INVERMET	GUILLERMO VIVANCO
ASOCEM	MANUEL GONZALES DE LA COTERA
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	WILFREDO QUINTANA
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	ANA BIONDI CARLOS TAPIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	ANA TORRE RAFAEL CACHAY
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	GONZALO LUQUE
SENCICO	CARLOS PÉREZ VANNA GUFFANTI

---oooOooo---

## **AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global**

### **1. OBJETO**

La presente Norma Técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado.

Los valores indicados en el SI deben ser considerados como estándares. La ASTM E-11 designa los tamices en pulgadas, para esta NTP, se designan en unidades SI exactamente equivalentes.

### **2. REFERENCIAS NORMATIVAS**

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

2.1	Normas Técnicas Peruanas	
2.1.1	NTP 339.047: 1979	HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón
2.1.2	NTP 350.001: 1970	Tamices de ensayo
2.1.3	NTP 400.010: 2000	AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras

---

2.1.4	NTP 400.011: 1976	AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos.
2.1.5	NTP 400.018: 1977	AGREGADOS. Determinación del material que pasa el tamiz normalizado 75 $\mu\text{m}$ (No. 200).
2.1.6	NTP 400.037: 2000	AGREGADOS. Requisitos.
2.2	Normas Técnicas de Asociación	
2.2.1	ASTM C 670: 1996	Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
2.2.2	ASTM C 702: 1998	Standard Practice for Reducing Field Samples of Aggregate to Testing Size
2.2.3	AASHTO T 27	Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

### 3. CAMPO DE APLICACIÓN

3.1 Esta Norma Técnica se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para su uso como agregados o los que están siendo utilizados como tales. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje.

3.2 La determinación exacta del material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (Nº 200) no puede ser obtenida por esta NTP. Se utilizará la NTP 400.018.

### 4. DEFINICIONES

Para los términos utilizados en esta NTP, referirse a la NTP 400.011, NTP 339.037 y NTP 339.047.

## 5. RESUMEN DEL MÉTODO

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

## 6. APARATOS

6.1 Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:

6.1.1 Para agregado fino, con aproximación de 0,1 g y exacta a 0,1 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

6.1.2 Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0,5 g ó 0,1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

6.2 Tamices: Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.

NOTA 1: Es recomendable que los tamices montados en marcos mayores que los normalizados de 203,2 mm (8 pulg) de diámetro, se usen para ensayos del agregado grueso y del global; para reducir la posibilidad de sobrecarga de los tamices. Véase apartado 8.3

6.3 Agitador Mecánico de Tamices: Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. La

acción del tamizado será tal que el criterio para un adecuado tamizado descrito en el apartado 8.4 esté dentro de un periodo de tiempo razonable.

NOTA 2: El uso del agitador mecánico es recomendado cuando la cantidad de la muestra es de 20 kg o mayor y puede ser utilizado para muestras más pequeñas incluyendo el agregado fino. El tiempo excesivo (aproximadamente más de 10 min) para conseguir un adecuado tamizado puede resultar en degradación de la muestra. El mismo agitador mecánico puede no ser práctico para todos los tamaños de muestra; mientras que una gran área del tamiz necesaria para un tamizado práctico del agregado grueso o global de gran tamaño nominal, igualmente podría resultar en la pérdida de una porción de la muestra si se usa para una pequeña muestra de agregado grueso o agregado fino.

6.4 Horno: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

## 7. MUESTREO

7.1 Tomar la muestra de agregado de acuerdo a la NTP 400.010. El tamaño de la muestra de campo deberá ser la cantidad indicada en la NTP 400.010 o cuatro veces la cantidad requerida en los apartados 7.4 y 7.5 (excepto con la modificación que se presenta en el apartado 7.6), la que sea mayor.

7.2. Mezclar completamente la muestra y reducirla a la cantidad necesaria para el ensayo utilizando los procedimientos descritos en la práctica normalizada ASTM C 702. La muestra para el ensayo será aproximadamente de la cantidad deseada cuando esté seca y deberá ser el resultado final de la reducción. No se permitirá la reducción a una cantidad exacta predeterminada.

NOTA 3: Cuando el ensayo propuesto sea el de análisis granulométrico, incluyendo la determinación del material más fino que la malla de  $75\ \mu\text{m}$  (No. 200), la muestra podrá ser reducida en el campo para evitar el envío de excesiva cantidad de material al laboratorio.

7.3 Agregado fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 g mínimo.

7.4 Agregado grueso: La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado en la Tabla 1.

Tabla 1 - Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
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 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

7.5 Agregado Global: La cantidad de muestra de ensayo de agregado global será la misma que para la del agregado grueso. Véase apartado 7.4 y Tabla 1.

7.6 Muestras de agregado grueso y agregado global de mayor tamaño: La cantidad de muestra requerida para agregados con tamaños máximos nominales a 50 mm o mayores debe ser tal como para evitar la reducción de la muestra y ensayarla como una unidad; excepto con cuarteador y agitador mecánico de tamices de capacidad suficiente. Cuando no se disponga de estos equipos, en lugar de combinar y mezclar incrementos de muestra para luego reducirla a una muestra de ensayo, como una opción, se puede realizar el tamizado de aproximadamente igual número de incrementos de tal modo que el total de la masa ensayada cumpla con los requisitos del apartado 7.4.

7.7 En el caso que la determinación de la cantidad de material más fino que la malla 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) sea realizada mediante el método descrito en la NTP 400.018, se procederá como sigue:

7.7.1 Para agregados con tamaño máximo nominal de 12,5 mm (1/2 pulgadas) o menores, utilizar la muestra de ensayo que se utiliza en la NTP 400.018 y este método. Primero ensayar la muestra de acuerdo con la NTP 400.018 completando la operación de secado final, luego tamizar la muestra en seco como se estipula en los apartados 8.2 hasta 8.7 de la presente NTP.

7.7.2 Para agregados con tamaño máximo nominal mayores a 12,5 mm (1/2 pulgadas) se puede utilizar una muestra de ensayo simple como se describe en el apartado 7.7.1 o se puede utilizar una muestra simple separada por el método de ensayo que describe la NTP 400.018.

7.7.3 Cuando la especificación requiera la determinación de la cantidad total de material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) por lavado y secado, utilizar el procedimiento descrito en el apartado 7.7.1.

## 8. PROCEDIMIENTO

8.1 Secar la muestra a peso constante a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

NOTA 4: Para ensayos de control, particularmente cuando se deseen resultados rápidos no es necesario secar el agregado grueso para el análisis granulométrico. Los resultados son ligeramente afectados por el contenido de humedad a menos que: (1) el tamaño máximo nominal es menor que 12,5 mm (1/2 pulgadas); (2) el agregado grueso contenga apreciable cantidad de material más fino que 4,75 mm (N° 4); ó (3) el agregado grueso es altamente absorbente (ejemplo un agregado ligero). También las muestras pueden ser secadas a una temperatura alta utilizando planchas calientes sin afectar los resultados, manteniendo los escapes de vapor sin generación de presiones suficientes como para fracturar las partículas y, temperaturas que no sean mayores como para causar el rompimiento químico del agregado.

8.2 Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal como módulo de fineza o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por

un período suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada, para obtener los criterios de suficiencia o tamizado descritos en el apartado 8.4.

8.3 Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas menores que 4,75 mm (Nº 4), la cantidad retenida sobre alguna malla al completar el tamizado no excederá a 7 kg/m<sup>2</sup> de área superficial de tamizado (NOTA 5). Para tamices con aberturas de 4,75 mm (Nº 4) y mayores, la cantidad retenida en kg no deberá sobrepasar el producto de 2,5 x (abertura del tamiz en mm x (área efectiva de tamizado, m<sup>2</sup>)). Esta cantidad se muestra en la Tabla 1 para 5 dimensiones de tamices de uso común. En ningún caso la cantidad retenida será mayor como para causar deformación permanente al tamiz.

8.3.1 Prevenir una sobrecarga de material sobre un tamiz individual por uno de los siguientes procedimientos:

8.3.1.1 Colocar un tamiz adicional con abertura intermedia entre el tamiz que va a ser sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior en la disposición original de tamices.

8.3.1.2 Separar la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individual. Combinar las masas de cada porción retenidas sobre un tamiz especificado antes de calcular el porcentaje de la muestra sobre el tamiz.

8.3.1.3 Utilizar tamices de mayor armazón que provean mayor área de tamizado.

NOTA 5: La cantidad de 7 kg/m<sup>2</sup> a 200 g para los diámetros usuales de tamiz de 203,2 mm (8 pulgadas) (con superficie efectiva de tamizado de 190,5 mm (7,5 pulgadas) de diámetro).

8.4 Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual como sigue: Sostener firmemente el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado en posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear el filo contra el talón de la otra mano con un movimiento hacia arriba y a una velocidad de cerca de 150 veces por min, girando el tamiz un sexto de una revolución por cada 25 golpes. En la determinación de la eficacia del tamizado para medidas mayores de 4,75 mm (Nº 4), limitar a una capa simple de partículas sobre el tamiz. Si la medida del tamiz hace

impracticable el movimiento de tamizado descrito, utilizar el tamiz de 203 mm de diámetro (8 pulgadas) para verificar la eficiencia del tamizado.

8.5 En el caso del agregado global, la porción de la muestra más fina que el tamiz de 4,75 mm (N° 4) puede ser distribuida entre dos o más juegos de tamices para prevenir la sobrecarga de los tamices individuales; con el fin de facilitar la acción del tamizado.

NOTA 6: En el caso que se requiera separar el agregado grueso del agregado fino, el material global se cortará por el tamiz de 3/8 pulgadas (9,5 mm).

8.5.1 Alternativamente, la porción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4), puede ser reducida utilizando un sacudidor mecánico de acuerdo con el método ASTM C 702. Si se siguió este procedimiento, calcular la masa del incremento de cada medida de la muestra original como sigue:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B$$

Donde:

A = masa del incremento de la medida sobre la base de la muestra total.

$W_1$  = masa de la fracción más fina que la malla de 4,75 mm (N° 4) en la muestra total.

$W_2$  = masa de la porción reducida de material más fino que la malla de 4,75 mm (N° 4) efectivamente tamizada.

B = masa del incremento en la porción reducida tamizada.

8.6 A no ser que se utilice un sacudidor mecánico, tamizar manualmente las partículas mayores que 75 mm (3 pulgadas) para la determinación de las aberturas menores de tamiz a través de las que cada partícula debe pasar. Empezar con el menor tamiz utilizado. Alternar las partículas, si es necesario, para determinar si pasarán a través

de una abertura particular; de cualquier modo no fuerce las partículas a pasar a través del tamiz.

8.7 Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza conforme a los requerimientos especificados en el apartado 5.1 aproximando al 0,1 % más cercano de la masa total original de la muestra seca. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0,3 %, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.

8.8 Si la muestra fue previamente ensayada por el método descrito en la NTP 400.018, adicionar la masa del material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N°200) determinada por el método de tamizado seco.

## 9. CÁLCULO

9.1 Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0,1% más cercano de la masa seca inicial de la muestra. Si la misma muestra fue primero ensayada por el método de ensayo que se describe en la NTP 400.018, incluir la masa de material más fino que la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N°200) calculada por el método de lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la NTP 400.018, como base para calcular todos los porcentajes.

9.1.1 Cuando se ensayan incrementos de la muestra, como se indica en el apartado 7.6, se utilizará el total de la masa de la porción del incremento retenido en cada tamiz, para calcular los porcentajes que se mencionan en el apartado 9.1.

9.2 Cuando se requiera, calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150  $\mu\text{m}$  ( N° 100); 300  $\mu\text{m}$  ( N° 50); 600  $\mu\text{m}$  ( N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

## 10. REPORTE

10.1 Dependiendo de las especificaciones para el uso del material, el reporte incluirá lo siguiente:

10.1.1 Porcentaje total que pasa cada tamiz.

10.1.2 Porcentaje total retenido en cada tamiz.

10.1.3 Porcentaje retenido entre tamices consecutivos.

10.2 Reportar los porcentajes en números enteros, excepto que si el porcentaje que pasa la malla de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) es menor del 10 %, se aproximará al 0,1 % más cercano.

10.3 Reportar el módulo de fineza, cuando se solicite, al 0,01.

## 11. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN

11.1 Precisión: La estimación de la precisión para este método de ensayo se presenta en la Tabla 3 (Véase Anexo B). Los estimados están basados en los resultados obtenidos por “AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program” (Programa de Muestreo del Laboratorio de Materiales de Referencia de AASHTO), con ensayos realizados con el método ASTM C 136 y AASHTO T 27.

Los datos se basaron en resultados de 65 a 233 laboratorios que ensayaron en 18 pares de muestras de referencia de agregado grueso y de 74 a 222 laboratorios que ensayaron 17 pares de muestras de referencia de agregado fino (muestras N° 21 al 90), los valores de la tabla se dan para diferentes rangos del porcentaje total del agregado que pasa un tamiz.

11.1.1 Los valores de la precisión para el agregado fino de la Tabla 3 (Véase Anexo B) se realizaron con 500 g de muestra de ensayo. La revisión de este método en

1994 permitió reducir la muestra a un mínimo de 300 g. El análisis de los resultados de muestras de referencia con 300 g y 500 g , las muestras 99 y 100 (las muestras 99 y 100 fueron esencialmente idénticas) produjeron los valores de precisión de la Tabla 4 (Ver Anexo C), que indican solamente diferencias menores debido al tamaño de muestra.

NOTA 7: Los valores del agregado fino de la Tabla 3 serán revisados para reflejar la muestra de ensayo de 300 g, cuando se ha ensayado un número suficiente de muestras de referencia utilizando aquel tamaño de muestra que provea datos confiables.

11.2 Desviación: Mientras no se acepte un material de referencia adecuado para determinar la desviación en este método de ensayo, no se establecerá la desviación.

## 12. ANTECEDENTES

- |      |                  |  |
|------|------------------|--|
| 12.1 | ASTM C 136-96a   | Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. |
| 12.2 | NTP 400.012:1976 | AGREGADOS. Análisis granulométrico.                                    |

## ANEXO A

(Normativo)

TABLA 2 – Máxima cantidad permitida de material retenido sobre un tamiz, kg

ABERTURA NOMINAL DEL TAMIZ, mm	DIMENSIÓN NOMINAL DEL TAMIZ <sup>A</sup>				
	203,2 mm diám. <sup>B</sup>	254 mm diám. <sup>B</sup>	304,8 mm diám. <sup>B</sup>	350 por 350 mm	372 por 580 mm
	ÁREA DE TAMIZADO, m <sup>2</sup>				
	0,0285	0,0457	0,0670	0,1225	0,2158
125	C	C	C	C	67,4
100	C	C	C	30,6	53,9
90	C	C	15,1	27,6	48,5
75	C	8,6	12,6	23,0	40,5
63	C	7,2	10,6	19,3	34,0
50	3,6	5,7	8,4	15,3	27,0
37,5	2,7	4,3	6,3	11,5	20,2
25,0	1,8	2,9	4,2	7,7	13,5
19,0	1,4	2,2	3,2	5,8	10,2
12,5	0,89	1,4	2,1	3,8	6,7
9,5	0,67	1,1	1,6	2,9	5,1
4,75	0,33	0,54	0,80	1,5	2,6

<sup>A</sup> Dimensiones del tamiz en pulgadas: Diámetro de 8,0 pulgadas, diámetro de 10,0 pulgadas; diámetro de 12 pulgadas; de 13,8 pulgadas x 13,8 pulgadas (14 pulgadas x 14 pulgadas nominal); 14,6 pulgadas x 22,8 pulgadas (16 pulgadas x 24 pulgadas nominal).

<sup>B</sup> El área de los tamices circulares se basa sobre su diámetro efectivo 12,7 mm (½ pulg) menos que el diámetro nominal, dado que la especificación E 11 permite que la soldadura entre el tamiz y el marco (armazón) sea hasta de 6,35 mm (¼ pulg) sobre el tamiz. De este modo el diámetro efectivo de tamizado para un tamiz de 203,2 mm (8 pulg) es 190,5 mm (7,5 pulgadas). Los fabricantes de tamices no deben sobrepasar de 6,35 mm (¼ pulg) de espesor de soldadura sobre el tamiz.

<sup>C</sup> Los tamices indicados tienen menos de cinco aberturas y no deberán ser utilizados para tamizado, excepto como está previsto en el apartado 8.6.

## ANEXO B

(Normativo)

TABLA 3 – Precisión

	Porcentaje total de material que pasa		Desviación Típica (1s), % <sup>A</sup>	Rango aceptable de dos resultados (d2s), % <sup>A</sup>
<b>Agregado Grueso:<sup>B</sup></b>				
Precisión de un operador	<100	≥95	0,32	0,9
	<95	≥85	0,81	2,3
	<85	≥80	1,34	3,8
	<80	≥60	2,25	6,4
	<60	≥20	1,32	3,7
	<20	≥15	0,96	2,7
	<15	≥10	1,00	2,8
	<10	≥ 5	0,75	2,1
	<5	≥ 2	0,53	1,5
<2	> 0	0,27	0,8	
Precisión Multilaboratorio	<100	≥95	0,35	1,0
	<95	≥85	1,37	3,9
	<85	≥80	1,92	5,4
	<80	≥60	2,82	8,0
	<60	≥20	1,97	5,6
	<20	≥15	1,60	4,5
	<15	≥10	1,48	4,2
	<10	≥ 5	1,22	3,4
	<5	≥ 2	1,04	3,0
<2	> 0	0,45	1,3	
<b>Agregado Fino</b>				
Precisión de un operador	<100	≥95	0,26	0,7
	<95	≥60	0,55	1,6
	<60	≥20	0,83	2,4
	<20	≥15	0,54	1,5
	<15	≥10	0,36	1,0
	<10	≥ 2	0,37	1,1
	<2	> 0	0,14	0,4
Precisión multilaboratorio	<100	≥95	0,23	0,6
	<95	≥60	0,77	2,2
	<60	≥20	1,41	4,0
	<20	≥15	1,10	3,1
	<15	≥10	0,73	2,1
	<10	≥ 2	0,65	1,8
	<2	> 0	0,31	0,9

<sup>A</sup> Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) descritos en la norma ASTM C 670.

<sup>B</sup> La estimación de la precisión se basa en agregados de tamaño máximo nominal de 19,0 mm (3/4 pulg).

## ANEXO C

(Normativo)

TABLA 4 - Precisión para muestras de ensayo de 300 g y 500 g

Muestra de referencia de agregado fino				En el laboratorio		Entre laboratorios	
Resultados de los ensayos	Cantidad de muestra	Número de laboratorios	Promedio	1s	d2s	1s	d2s
ASTM C 136/AASHTO T 27							
Material total que pasa el tamiz No. 4 (%)	500 g	285	99,922	0,027	0,066	0,037	0,104
	300 g	276	99,990	0,021	0,060	0,042	0,117
Material total que pasa el tamiz No. 8 (%)	500 g	281	84,10	0,43	1,21	0,63	1,76
	300 g	274	84,32	0,39	1,09	0,69	1,92
Material total que pasa el tamiz No. 16 (%)	500 g	286	70,11	0,53	1,49	0,75	2,10
	300 g	272	70,00	0,62	1,74	0,76	2,12
Material total que pasa el tamiz No. 30 (%)	500 g	287	48,54	0,75	2,10	1,33	3,73
	300 g	276	48,44	0,87	2,44	1,36	3,79
Material total que pasa el tamiz No. 50 (%)	500 g	286	13,52	0,42	1,17	0,98	2,73
	300 g	275	13,51	0,45	1,25	0,99	2,76
Material total que pasa el tamiz No. 100 (%)	500 g	287	2,55	0,15	0,42	0,37	1,03
	300 g	270	2,52	0,18	0,52	0,32	0,89
Material total que pasa el tamiz No. 200 (%)	500 g	278	1,32	0,11	0,32	0,31	0,85
	300 g	266	1,30	0,14	0,39	0,31	0,85



“Año de la Lucha Contra la Corrupción e Impunidad”  
**UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZÁN”**  
 HUÁNUCO – PERÚ  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO  
 PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la ciudad universitaria de Cayhuayna a los diecinueve días del mes de diciembre del 2019, siendo a las once horas de la mañana, se dio cumplimiento a la Resolución de Decano N° 732-2019-UNHEVAL-FICyA y Resolución de Decano N°773-2019-FICA y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, para lo cual en el Auditorio de la Facultad, los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de tesis titulado “VERIFICACION DE PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO DE LA CANTERA DE MOLINOS – SAN RAFAEL – ALCAS – POZUZO SEGÚN DISEÑO DE MARSHALL - 2019”, para optar el Título de Ingeniero Civil del Bachiller Roy MELENDEZ SIU

Finalizado el acto de sustentación, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente:

Los Miembros del Jurado declararon APROBADO con la nota de: 15 (QUINCE)

Con el calificativo de: B.U.E.N.O.

Dándose por concluido dicho acto a las: 12:50 pm del mismo día.

Con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:.....

  
 Víctor Manuel GOICOCHEA VARGAS  
 PRESIDENTE

  
 Jim Arturo RIVERA VIDAL  
 SECRETARIO

  
 Luis Fernando NARRO JARA  
 VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES		
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN	RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
	OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.1	09/06/2021	1 de 2

## ANEXO 2

### AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

#### 1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: Molindes Suárez Roy

DNI: 43412582 Correo electrónico: chiquito\_1828@hotmail.com

Teléfonos: Casa \_\_\_\_\_ Celular 975-456598 Oficina \_\_\_\_\_

Apellidos y Nombres: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Teléfonos: Casa \_\_\_\_\_ Celular \_\_\_\_\_ Oficina \_\_\_\_\_

Apellidos y Nombres: \_\_\_\_\_

DNI: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Teléfonos: Casa \_\_\_\_\_ Celular \_\_\_\_\_ Oficina \_\_\_\_\_

#### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

<b>Pregrado</b>	
Facultad de:	<u>INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</u>
E. P. :	<u>INGENIERIA CIVIL</u>

Título Profesional obtenido:

INGENIERO CIVIL

Título de la tesis:

VERIFICACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO DE LA  
CANTERA DE MOLINDOS - SAN RAFAEL - ALCAS - POZUECO SEGÚN  
DISEÑO DE MARSHALL - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		<b>REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES</b>		
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN	RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
	OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.1	09/06/2021	2 de 2

Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
<input checked="" type="checkbox"/>	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
<input type="checkbox"/>	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web **repositorio.unheval.edu.pe**, por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

---



---

Asimismo, pedimos indicar el período de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- ( ) 1 año  
 ( ) 2 años  
 ( ) 3 años  
 ( ) 4 años

Luego del período señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma: 13/06/2021

Firma del autor y/o autores:

